

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 1 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

AL-INN-3611-CW-CAC-00001

Relatório Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)

01.0	18/02/2025	Documento inicial	IRC	RLF	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 Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 2 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Índice

1. INTRODUÇÃO	7
2. DADOS DE REFERÊNCIA	8
2.1. Materiais	8
2.2. Revestimentos	8
2.3. Estado Limite de Serviço (ELS)	8
2.4. Estados Limites Ultimos	9
2.5. Acções	9
3. GEOMETRIA	16
4. CÁLCULO ESTRUTURAL	17
4.1. Estrutura	17
4.2. Normas	18
4.3. Materiais	18
4.4. Ambiente.....	19
4.5. Acções	19
4.5.1. acções permanentes	19
4.5.2. Acções - Impulsos do terreno	19
4.5.3. Tensões admissíveis do terreno	20
4.5.4. Acções variáveis.....	20
4.5.5. Acções do vento	22
4.5.6. Acções no tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas	23
4.5.7. Acções no tanque de equalização e armazenamento de lamas.....	41
4.5.8. Acções no Reservatorio de salmoura águas sujas	64
4.5.9. Deslocamentos	76
4.6. Lajes de fundação	79
5. LISTAGENS	85
5.1. Dados gerais	85
5.2. Acção do vento	104
5.3. Sismo	111
5.4. Controlos do pilar P1	123
5.5. Verificação da viga.....	167

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 3 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Ilustrações

Ilustração 1 Vista em planta do tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas	7
Ilustração 2. Vista de alçado do tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas	7
Ilustração 3. Materiais	8
Ilustração 4. Revestimentos	8
Ilustração 5. Estado Limite de Serviço (ELS)	8
Ilustração 6. Estados Limites Últimos (ELU)	9
Ilustração 7. Acções	9
Ilustração 8. Acções Acção de neve	9
Ilustração 9. Acções do terreno	10
Ilustração 10 Ação sísmica	10
Ilustração 11 Ação sísmica no programa de cálculo	11
Ilustração 12. Geometria	16
Ilustração 13 Geometría	16
Ilustração 14. Estrutura. Cype 3d.	17
Ilustração 15. Estrutura. Níveis de cálculo. Cypecad.	18
Ilustração 16. Normas	18
Ilustração 17. Materiais	18
Ilustração 18. Ambiente	19
<i>Ilustração 19. Impulsos do terreno</i>	19
<i>Ilustração 20. Tensões admissíveis do terreno</i>	20
<i>Ilustração 21. sobrecarga fundação</i>	21
Ilustração 22. Ações do vento.	22
<i>Ilustração 23. Acções do vento</i>	22
Ilustração 24. Ações do vento.	22

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 4 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Ilustração 25 área de estudio	23
Ilustração 26 acções na parede	24
Ilustração 27 Peso próprio	24
Ilustração 28 Revestimentos e paredes	25
Ilustração 29 Impulsos do terreno	25
Ilustração 30 Sobrecarga	26
Ilustração 31 Vento	26
Ilustração 32 Sismo Y1 Modo 1	27
Ilustração 33 Sismo X1 Modo 1	27
Ilustração 34 Peso próprio	28
Ilustração 35 Revestimentos e paredes	28
Ilustração 36 Impulsos do terreno	29
Ilustração 37 Sobrecarga	29
Ilustração 38 Vento	30
Ilustração 39 Sismo X1 Modo 1	30
Ilustração 40 Sismo Conv + Impl X	31
Ilustração 41 Peso próprio	31
Ilustração 42 Revestimentos e paredes	32
Ilustração 43 Impulsos do terreno	32
Ilustração 44 Sobrecarga	33
Ilustração 45 Vento	33
Ilustração 46 Sismo X1 Modo 1	34
Ilustração 47 Sismo Y1 Modo 1	34
Ilustração 48 Sismo Conv + Impl X	35
Ilustração 49 Geometria da laje	37
Ilustração 50 Área de estudo	41
Ilustração 51 Peso próprio	42
Ilustração 52 Revestimentos e paredes	43

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 5 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Ilustração 53 Impulsos do terreno	43
Ilustração 54 Sobrecarga	44
Ilustração 55 Vento	44
Ilustração 56 Sismo X1 Modo 3	45
Ilustração 57 Sismo Conv + Impl X	45
Ilustração 58 Peso próprio	46
Ilustração 59 Revestimentos e paredes	46
Ilustração 60 Impulsos do terreno	47
Ilustração 61 Sobrecarga	47
Ilustração 62 Vento	48
Ilustração 63 Sismo X1 Modo 1	48
Ilustração 64 Sismo Conv + Impl X	49
Ilustração 65 Peso próprio	49
Ilustração 66 Revestimentos e paredes	50
Ilustração 67 Impulsos do terreno	50
Ilustração 68 Sobrecarga	51
Ilustração 69 Vento	51
Ilustração 70 Sismo Y1 Modo 1	52
Ilustração 71 Sismo Conv + Impl X	52
Ilustração 72 Elevação da laje 17,70	54
Ilustração 73 Área de estudo	64
Ilustração 74 Peso próprio	65
Ilustração 75 Revestimentos e paredes	65
Ilustração 76 Impulsos do terreno	66
Ilustração 77 Sobrecarga	66
Ilustração 78 Vento	67
Ilustração 79 Sismo X1	67
Ilustração 80 Sismo Conv + Impl X	68

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 6 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Ilustração 81 Peso próprio	68
Ilustração 82 Revestimentos e paredese	69
Ilustração 83 Impulsos do terreno	69
Ilustração 84 Sobrecarga	70
Ilustração 85 Vento	70
Ilustração 86 Sismo X1 Modo 2	71
Ilustração 87 Sismo Conv + Impl X	71
Ilustração 88 Peso próprio	72
Ilustração 89 Revestimentos e paredes	72
Ilustração 90 Impulsos do terreno	73
Ilustração 91 Sobrecarga	73
Ilustração 92 Vento	74
Ilustração 93 Sismo X1 Modo 1	74
Ilustração 94 Sismo Conv + Impl X	75
Ilustração 95 Deslocamentos Peso próprio	76
Ilustração 96 Deslocamentos Revestimentos e paredes	77
Ilustração 97 Deslocamentos Sobrecarga	77
Ilustração 98 Deslocamentos Vento	78
Ilustração 99 Deslocamentos Sismo X1 Modo 2	78
Ilustração 100 Deslocamentos Sismo Conv + Impl X	79
Ilustração 101 Deslocamentos Sismo Conv + Impl Y	79

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 7 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

1. INTRODUÇÃO

Dimensionamento da estrutura do tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas

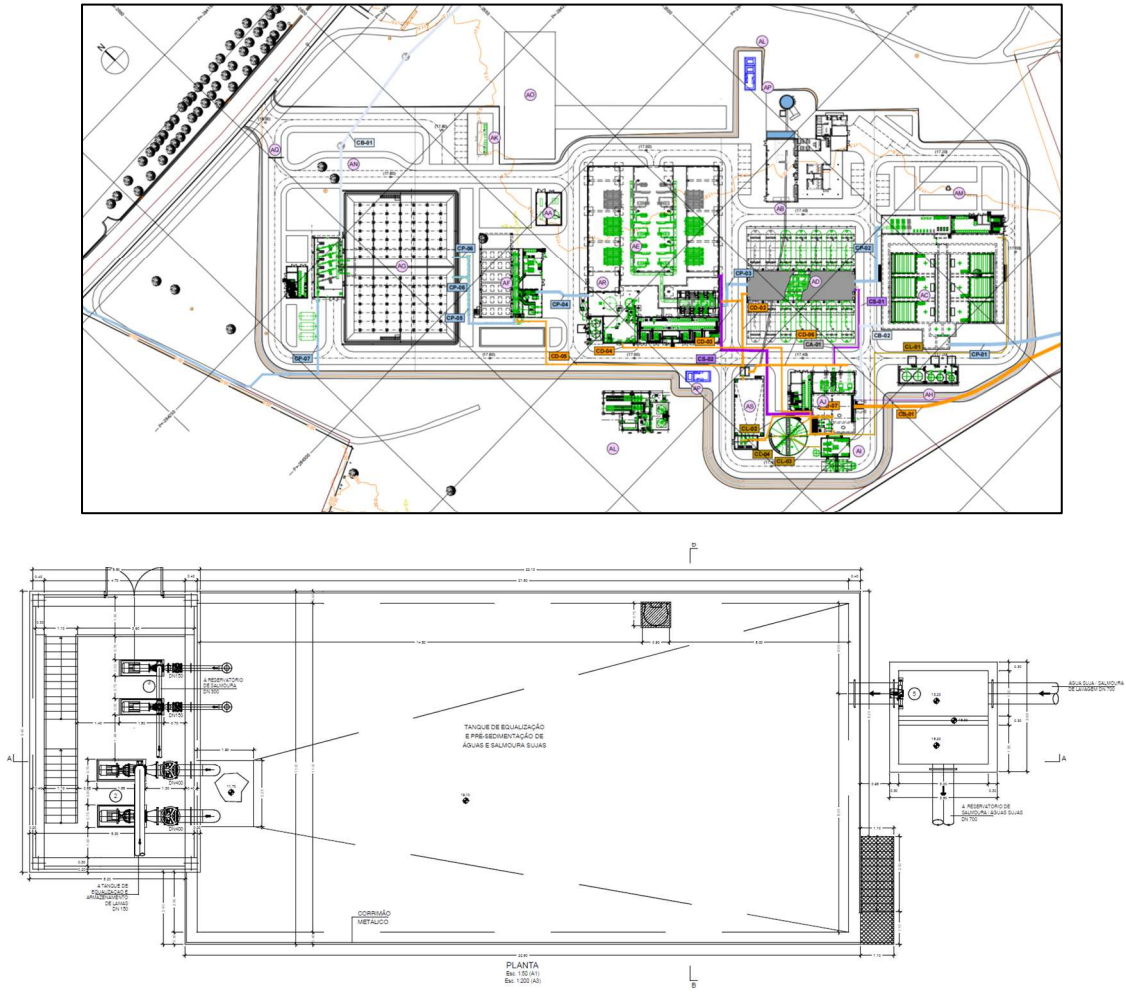


Ilustração 1 Vista em planta do tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas

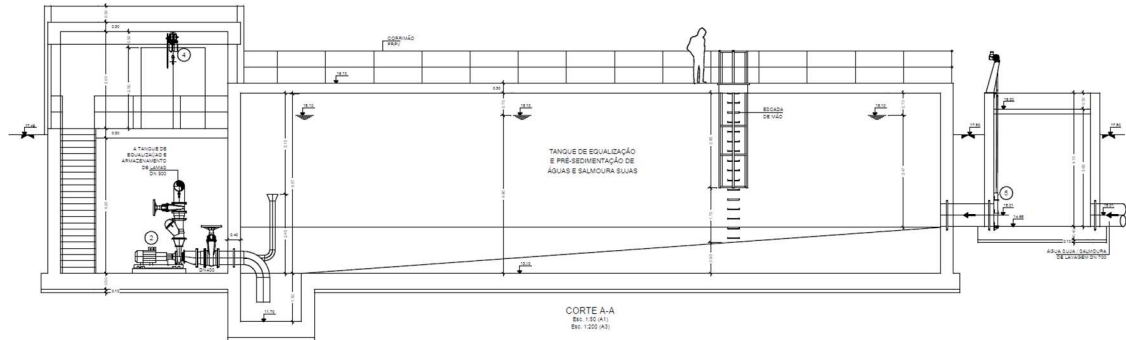


Ilustração 2. Vista de alçado do tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 8 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

2. DADOS DE REFERÊNCIA

Dados de referência

- Materiais.
- Revestimentos.
- Estado Limite de Serviço (ELS).
- Acções.

2.1. Materiais

Materiais:

	Descrição	Materiais Betão	Materiais Varão	Ambiente	Varão mínima	Materiais Aço
Valor	Espessamento de lamas	C40/50	A500NR	XS3/XA3	N/A	N/A

Ilustração 3. Materiais

2.2. Revestimentos

Revestimentos:

Revestimento de elementos em contacto com a água [mm]	Revestimento de elementos pré-fabricados [mm]	Revestimento de elementos secos [mm]	Revestimento de fundações [mm]
50	N/A	N/A	N/A

Ilustração 4. Revestimentos

2.3. Estado Limite de Serviço (ELS)

Estado Limite de Serviço (ELS):

limite de fissuração [mm]	Limite de deslizamento horizontal [H/XXX]	Limite de deslizamento vertical [L/XXX]
0.1	300	300
	Não dimensional em relação à fissuração	Não dimensional em relação à fissuração

Ilustração 5. Estado Limite de Serviço (ELS)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 9 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

2.4. Estados Limites Ultimos

Estados Limites Ultimos (ELU):

Resistência do terreno [kPa]	Resistência do betão [Mpa]	Limite elastico das armaduras [Mpa]	Limite elastico aço [Mpa]
150	40	500	N/A

Ilustração 6. Estados Limites Ultimos (ELU)

2.5. Acções

Acções:

- acções permanentes
Betão armado 25 kN/m³
- acções Revestimentos e paredes.
Densidade das lamaz: 12 kN/m³
- acções variáveis

Cargas permanentes [kN/m2]	Sobrecarga [kN/m2]
Peso propio incluido	3

Ilustração 7. Acções

Carga de neve	
Normas aplicáveis	Carga de neve de referência [kN/m2]
NP EN1991	N/A

Ilustração 8. Acções Acção de neve

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 10 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

- acções do terreno.

Carga no terreno				
Densidade do solo [kN/m ³]	Ângulo de atrito [°]	Coesão [kPa]	Carga do veículo [kN/m ²]	Nível freático [m]
21.2	16	20	N/A	N/A

Ilustração 9. Acções do terreno

- ação sísmica

De acordo com o EC7, a zona em estudo (Quarteira-Município de Loulé) localiza-se na Zona Sísmica 1.2 (Sismo tipo I) e Zona Sísmica 2.3 (Sismo tipo 2) com valores de aceleração de pico de referência do solo (agR) igual a 2,00 m/s² e 1,70 m/s², respetivamente.

O zonamento sísmico para Portugal Continental, para o Arquipélago da Madeira e para o Arquipélago dos Açores é estabelecido, por Concelho, de acordo com a informação constante do Anexo NA.I, e ilustrado nas Figuras NA.I, NA.II e NA.III.

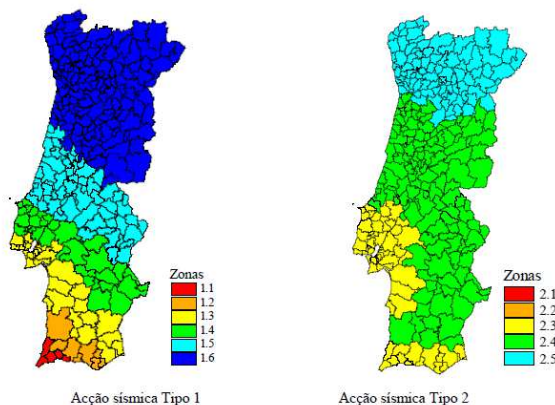


Figura NA.I – Zonamento sísmico em Portugal Continental

Ilustração 10 Ação sísmica

São utilizados um fator de comportamento de 1,5 e o tipo de solo D (Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura).

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 11 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

☒ Com acção sísmica

 NP EN 1998-1 (2010) (Portugal)



Norma para o cálculo da acção sísmica

☒ Portugal
 ☐ Colômbia
 ☐ Costa Rica
 ☐ UE
 ☐ Cuba
 ☐ Método geral
 ☐ Alemanha
 ☐ El Salvador
 ☐ Bélgica
 ☐ Equador
 ☐ Bulgária
 ☐ Guatemala
 ☐ Chipre
 ☐ Honduras
 ☐ Eslovénia
 ☐ México
 ☐ Espanha
 ☐ Nicarágua
 ☐ França
 ☐ Panamá
 ☐ Itália
 ☐ Peru
 ☐ Roménia
 ☐ Porto Rico
 ☐ Rússia
 ☐ República Dominicana
 ☐ África do Sul
 ☐ Venezuela
 ☐ Argélia
 ☐ USA
 ☐ Marrocos
 ☐ Índia
 ☐ Argentina
 ☐ Malásia
 ☐ Bolívia
 ☐ Singapura
 ☐ Brasil
 ☐ Chile

☒ NP EN 1998-1 (2010)
 ☐ RSA, (Dinâmica)

NP EN 1998-1 (2010)
Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos
Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios

☒ Acção sísmica segundo X
 ☒ Acção sísmica segundo Y

Parâmetros de cálculo
 Fração de sobrecarga: 0.50
 Fração de sobrecarga de neve: 0.50

Sistema estrutural
 Geometria em altura: ☒ Regular ☐ Irregular
 Coeficiente de comportamento: X 1.50 Y 1.50

Zonamento sísmico
☒ Portugal Continental
 ☐ Arquipélago da Madeira
 ☐ Arquipélago dos Açores
 Zona sísmica tipo 1: ☐ 1.1 ☐ 1.2 ☐ 1.3 ☐ 1.4 ☐ 1.5 ☒ 1.6
 Zona sísmica tipo 2: ☐ 2.1 ☐ 2.2 ☐ 2.3 ☐ 2.4 ☒ 2.5

Tipo de solo
☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E
 Depósitos de solos não coesivos de compacidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura.

Importância da obra
☐ I ☐ II ☒ III ☐ IV
 Edifícios cuja resistência durante um sismo é importante atendendo às consequências do seu colapso. Por exemplo, escolas, salas de reuniões, instituições culturais, etc.

Limitação dos deslocamentos entre plantas devidos à acção sísmica
☒ Segundo norma
 Tipo de edifício: ☒ A ☐ B ☐ C
 Deslocamento do elemento: ---
 Deslocamento entre plantas: R(1)-0.012h; R(2)-0.009h
 Deslocamento total: ---

Número de modos de vibração que intervêm na análise
☒ Segundo norma
 Automático, até atingir uma percentagem exigida de massa deslocada
☐ Especificado pelo utilizador

Efeitos da componente sísmica vertical
☒ Não considerar
 Especificar o coeficiente de modificação

Graus de liberdade que intervêm na análise
☐ Considerar as plantas sob a rasante no modelo dinâmico
 Se a obra actual tem estruturas 3D integradas e d...

Aceitar
 Sem efeitos de 2ª ordem
 Espectro de cálculo
 Cancelar

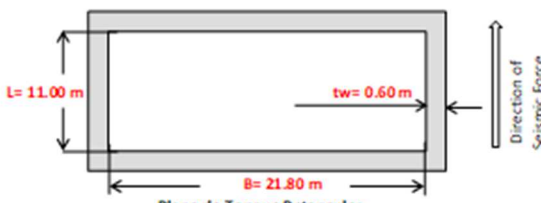
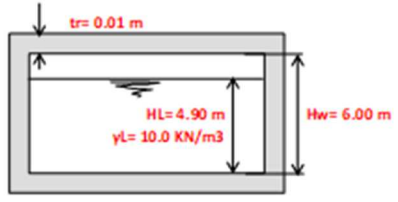
Ilustração 11 Ação sísmica no programa de cálculo

Carregos sísmicos para contenção de líquidos sobre o Reservatório de água tratada

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 12 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sismo na direção X

Entrada Geral

$f_c = 35.0 \text{ N/mm}^2$
 $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$
 $E_c = 27805.6 \text{ N/mm}^2$

$R_c = 1.00$	$M_w = 36.7092$
$R_t = 2.25$	$M_i = 13568.22239$
$S_{db} = 1.50$	
$S_{d1} = 1.20$	
$T_L = 4.00$	
$T_S = 0.800$	

sec

1- Cálculo do Peso Equivalente para os componentes impulsivo W_i e convectivo W_c :

$W_i = 11750.20 \text{ KN}$, $L/H_L = 2.24$, $W_w = 24.5 \text{ KN}$, $W_r = 0.3 \text{ KN}$

$W_i = W_L \cdot \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)} = 0.494 W_L = 5801.456 \text{ KN}$

$W_c = W_L \cdot 0.264 \left(\frac{L}{H_L}\right) \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] = 0.526 W_L = 6176.822 \text{ KN}$

2- Cálculo da Altura do Centro de Gravidade para os componentes impulsivo h_i e convectivo h_c :

For $\frac{L}{H_L} < 1.333$, $h_i = H_L \cdot \left[0.5 - 0.09375 \left(\frac{L}{H_L}\right)\right] = 1.838 \text{ m}$
 For $\frac{L}{H_L} \geq 1.333$, $h_i = H_L \cdot 0.375$

$h_c = H_L \cdot \left[1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right) \sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}\right] = 2.788 \text{ m}$

h_i/H_L	$= 0.375 \text{ m}$
h_c/H_L	$= 0.569 \text{ m}$

3- Cálculo do período fundamental de oscilação do tanque para os componentes impulsivo T_i e convectivo T_c :

$W = W_w + W_r + W_i = 13604.9 \text{ KN}$, $h_w = H_w/2 = 3.00 \text{ m}$, $h_r = H_w + t_r/2 = 6.01 \text{ m}$

$h = \frac{(W_w h_w + W_i h_i)}{(W_w + W_i)} = 1.841 \text{ m}$, $k = \frac{E_c \left(\frac{t_w}{h}\right)^3}{4 \times 10^3} = 240780.6 \text{ KN/m}$

$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}} = 0.047 \text{ sec}$

$\lambda = \sqrt{3.16 g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]} = 5.244$, $T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sqrt{L} = 3.974 \text{ sec}$

$T_s = \frac{S_{ds}}{S_{ds}}$, $T_s = 0.800 \text{ sec}$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 13 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4. Cálculo da força lateral total impulsiva P_i e da força convectiva P_c

For $T_1 \leq T_2$

$$C_1 = S_{D1}$$

For $T_1 > T_2$

$$C_1 = \frac{S_{D1}}{T_2} \leq S_{D2}$$

For $T_1 \leq T_2$

$$C_2 = \frac{1.55 S_{D2}}{T_2} \leq 1.55 S_{D2}$$

For $T_1 > T_2$

$$C_2 = \frac{1.55 S_{D2}}{T_2}$$

For rectangular tanks

$$C_1 = C_2$$

$\ddot{u}_x = C_1 I \frac{b}{R_1} \geq 0.2 S_{D1}$

$C_1 = 1.500$	$C_2 = 0.453$
$P_w = \frac{C_1 I}{R_1} W_w = 16.32 \text{ KN}$	$P_r = \frac{C_1 I}{R_1} W_r = 0.17 \text{ KN}$
$P_i = \frac{C_1 I}{R_1} W_i = 3867.64 \text{ KN}$	$P_c = \frac{C_2 I}{R_2} W_c = 2797.69 \text{ KN}$
$C_1 = 1.500$	
$\ddot{u}_x = 0.444$	OK!
Acc vertical	$= 0.300$

1,5 SDS

2.25

OK!

5. Cálculo da força de base total V :

$$V = \sqrt{(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2} = 4786.8 \text{ KN}$$

6. Distribuição da força dinâmica acima da base por parede perpendicular ao movimento do solo:

$y_{Top} = H_L, y_{Bottom} = 0$

$$P_{iy} = \frac{P_i}{2} \left[\frac{4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i) \left(\frac{y}{H_L} \right)}{H_L^2} \right] / B$$

$$P_{cy} = \frac{P_c}{2} \left[\frac{4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \left(\frac{y}{H_L} \right)}{H_L^2} \right] / B$$

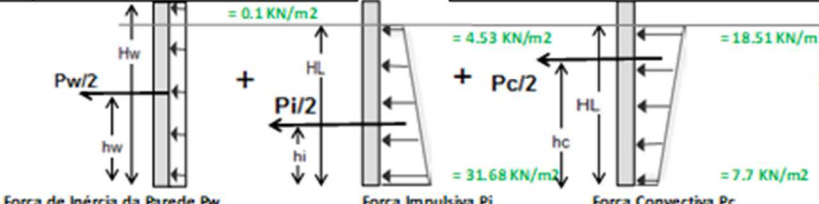
$$P_w = \frac{P_w}{2(B + t_w)H_w} = 0.06 \text{ KN/m}^2$$

Qhy = 49.00 KN/m2

$P_{i \text{ Top}} = 4.526 \text{ KN/m}^2$
$P_{i \text{ Bottom}} = 31.681 \text{ KN/m}^2$
$P_{c \text{ Top}} = 18.512 \text{ KN/m}^2$
$P_{c \text{ Bottom}} = 7.679 \text{ KN/m}^2$

Pvy = 21.78 KN/m2

Pressão sobre a parede horizontal devido ao Sismo Vertical (0 m)



Força de Inércia da Parede P_w

Força Impulsiva P_i

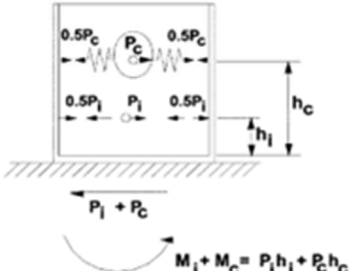
Força Convectiva P_c

$=$



Força Sísmica Total E por Parede perpendicular ao movimento do solo

Distribuição da força dinâmica acima da base por Parede perpendicular ao movimento do solo.



Dynamic Equilibrium of Horizontal Forces

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 15 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4- Cálculo da força lateral total impulsiva P_i e da força convectiva P_c

For $T_1 \leq T_2$
 $C_s = S_{sd}$
 $C_s = 1.500$

For $T_1 > T_2$
 $C_s = \frac{S_{sd}}{T_1} \leq S_{sd}$
 $C_s = 0.158$

For $T_1 \leq T_2$
 $C_r = \frac{1.55 S_{sd}}{T_1} \leq 1.55 S_{sd}$
 $C_r = 1.500$

For $T_1 > T_2$
 $C_r = \frac{1.55 S_{sd} T_2}{T_1^2}$
 $C_r = 0.444$ **OK!**

Acc vertical = 0.300

5- Cálculo da força de base total V :

$V = \sqrt{(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2} = 2444.8 \text{ KN}$

6- Distribuição da força dinâmica acima da base por parede perpendicular ao movimento do solo:

$y_{Top} = H_L, y_{Bottom} = 0$

$P_{i, Top} = 4.711 \text{ KN/m}^2$
 $P_{i, Bottom} = 32.976 \text{ KN/m}^2$
 $P_{c, Top} = 13.876 \text{ KN/m}^2$
 $P_{c, Bottom} = 10.901 \text{ KN/m}^2$

$P_w = \frac{P_w}{2(B + t_w)H_w} = 0.12 \text{ KN/m}^2$

$Q_{hy} = 49.00 \text{ KN/m}^2$

$P_{vy} = 21.78 \text{ KN/m}^2$

Pressão sobre a parede horizontal devido ao Sismo Vertical (0 m)

$P_w/2 = 0.1 \text{ KN/m}^2$
 $P_i/2 = 4.71 \text{ KN/m}^2$
 $P_c/2 = 13.88 \text{ KN/m}^2$
MÉDIA = 42.24 KN/m²
 $P_{Total} = 65.77 \text{ KN/m}^2$

Força Sísmica Total E por Parede perpendicular ao movimento do solo

Distribuição da força dinâmica acima da base por Parede perpendicular ao movimento do solo.

Dynamic Equilibrium of Horizontal Forces

$M_i + M_c = P_i h_i + P_c h_c$

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 16 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

3. GEOMETRIA

A estrutura tem uma geometria retangular, com 23 metros de comprimento e 9 metros de largura na zona de armazenamento e 12 metros de largura na zona do tanque.

A cota do terreno é de 17,50 e a cota da fundação é de 13,20. O tanque à direita tem uma cota de fundação de 14,65.

A partir da estrutura da esquerda existem 4 pilares na parede, dois pilares nascem na parede a 17,70 e dois pilares nascem na parede a 19,20.

Acima do nível do solo, estes pilares atingem 20,10.

As lajes da estrutura são lajes de 35 centímetros de aresta.

As lajes de fundação são lajes de 70 centímetros de espessura.

As paredes das cisternas têm 50 e 60 centímetros de espessura, como descrito na secção da estrutura.

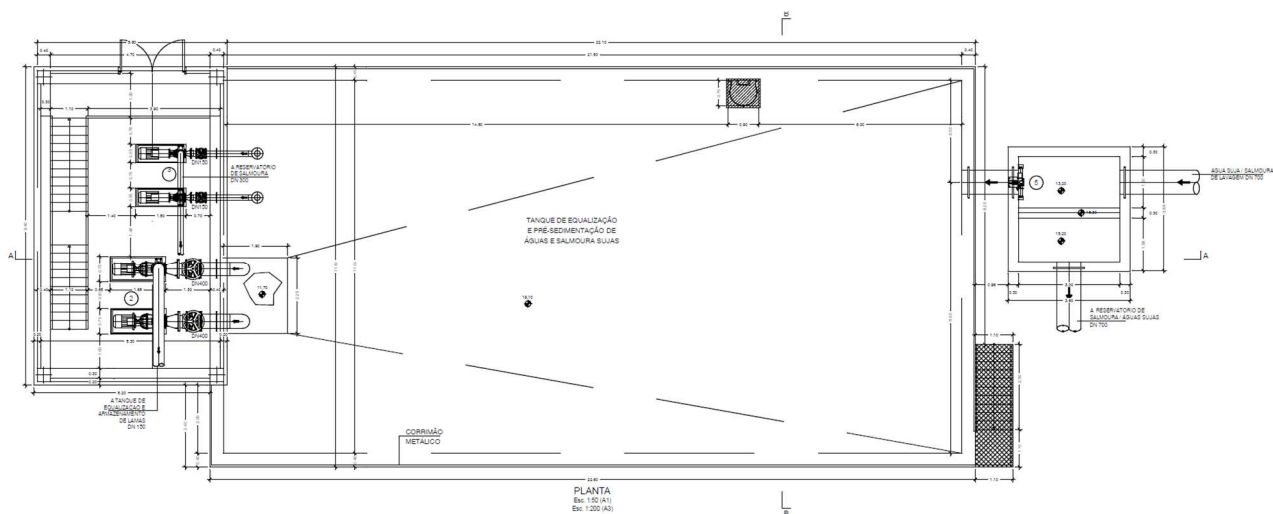


Ilustração 12. Geometria

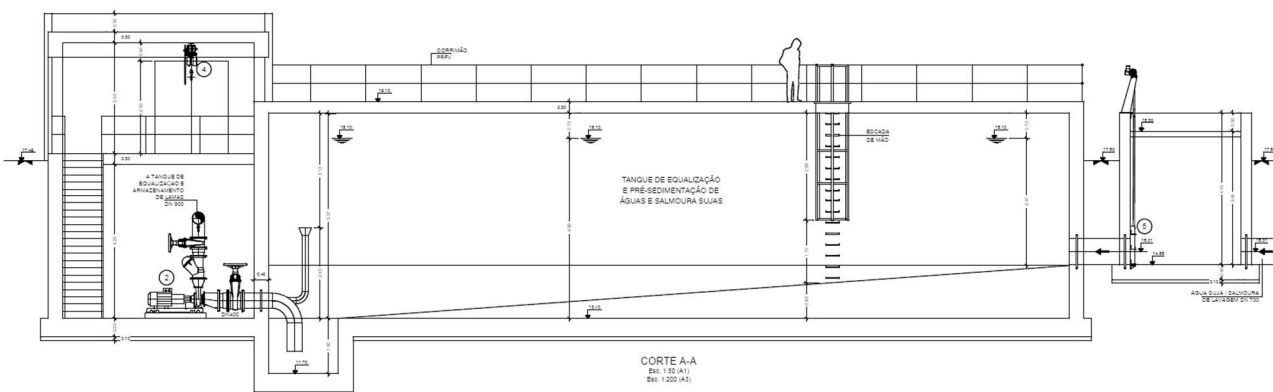


Ilustração 13 Geometria

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 17 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4. 2. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000.

4.1. Estrutura

O programa CypeCad foi utilizado para o dimensionamento da estrutura.

O CYPECAD é um programa informático especializado na análise e no projeto de estruturas de edifícios e obras civis. O CYPECAD calcula a matriz de rigidez global, resolve o sistema de equações para obter as deformações e, a partir destas, calcula os esforços internos em cada elemento.

Permite a criação de modelos tridimensionais de estruturas e realiza análises estáticas e dinâmicas. Gere diferentes tipos de cargas, tais como cargas mortas, sobrecargas, cargas de vento, cargas sísmicas, entre outras. Oferece ferramentas para projetar e dimensionar elementos estruturais como vigas, pilares, lajes e fundações. Adapta o projeto a diversas normas e códigos internacionais e locais, como Eurocódigos ou normas nacionais.

Permite a visualização da estrutura em três dimensões, facilitando a compreensão do comportamento estrutural e a interação entre elementos.

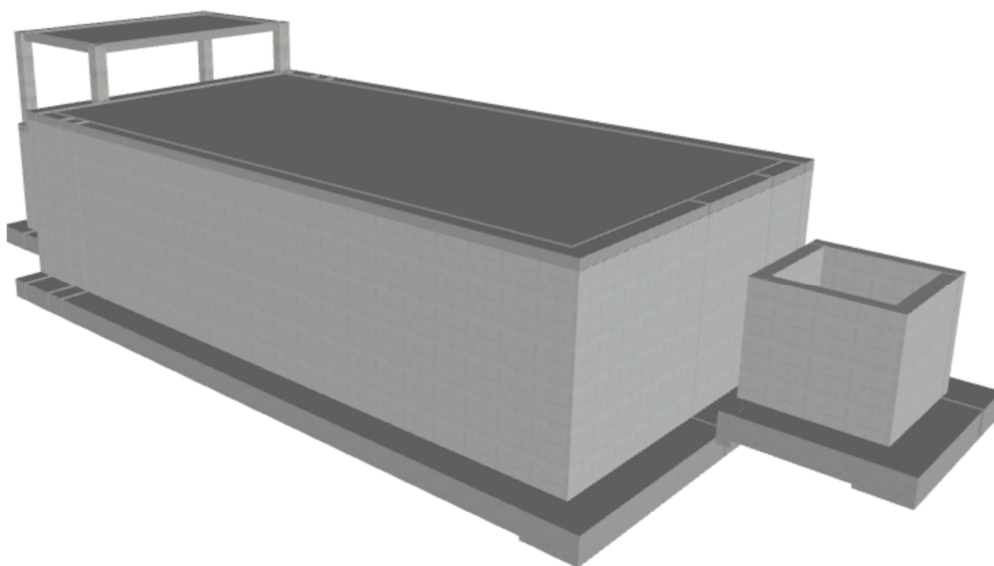


Ilustração 14. Estrutura. Cype 3d.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 18 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Ilustração 15. Estrutura. Níveis de cálculo. Cypecad.

4.2. Normas

Normas:

Betão	Eurocódigo 2 (Portugal) ▼
Aço enformado	Eurocódigos 3 e 4 (Portugal) ▼
Aço laminado	Eurocódigos 3 e 4 (Portugal) ▼

Ilustração 16. Normas

4.3. Materiais

Materiais:

Betão	
Lajes	C40/50 ▼
Fundação	C40/50 ▼
Pilares	C40/50 ▼
Muros	C40/50 ▼
Características do agregado	Quartzito (15 mm)
Aço	
Varões	S-500 ▼
Pernos	A500 ▼

Ilustração 17. Materiais

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 19 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.4. Ambiente

Ambiente:

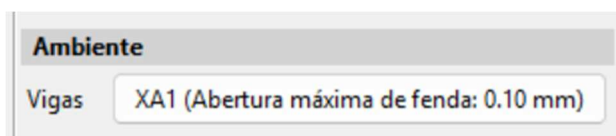


Ilustração 18. Ambiente

4.5. Acções

Acções:

- acções permanentes
- acções variáveis
- acções excepcionais

4.5.1. acções permanentes

Acções permanentes:

Betão e lamas sem sismo.

4.5.2. Acções - Impulsos do terreno

Impulsos do terreno:

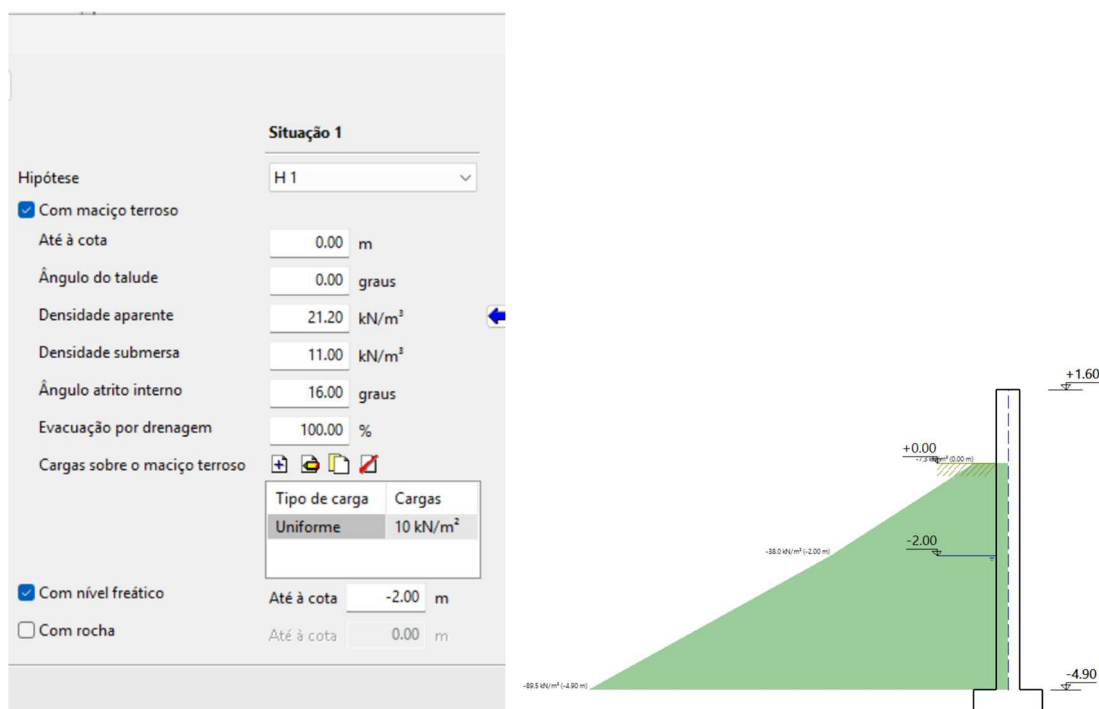


Ilustração 19. Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 20 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.3. Tensões admissíveis do terreno

Tensões admissíveis do terreno:

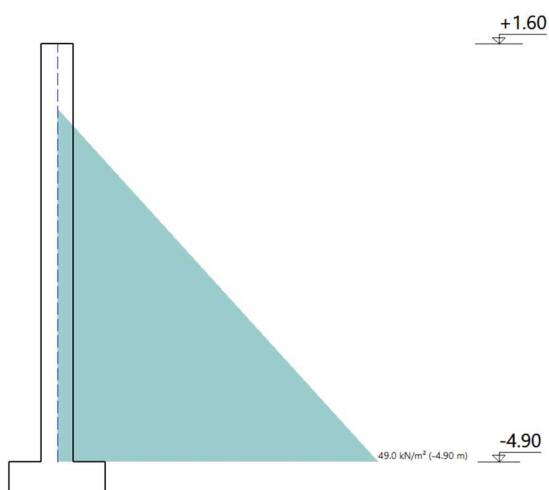
Tensões admissíveis do terreno		
Combinações fundamentais (A1 - Conjunto B)	0.150	MPa
Combinações sísmicas e acidentais (A1 - Conjunto B)	0.300	MPa
Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C)	0.150	MPa
Combinações sísmicas e acidentais (A2 - Conjunto C)	0.300	MPa

Ilustração 20. Tensões admissíveis do terreno

4.5.4. Acções variáveis

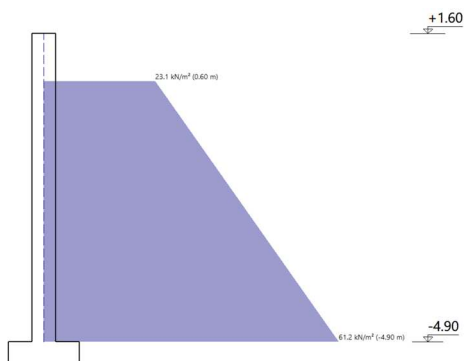
Acções variáveis:

Pressão hidrostática



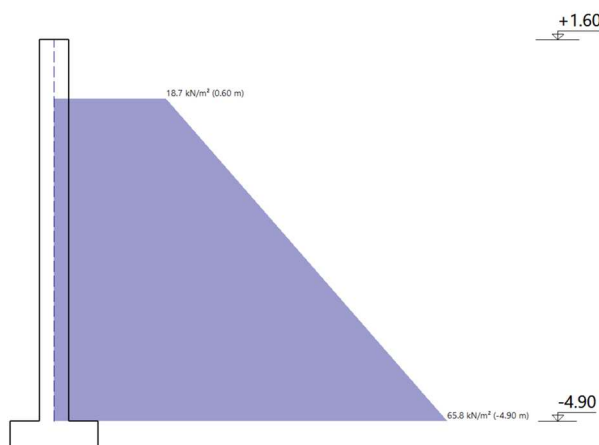
Força Sísmica Total E por Parede perpendicular ao movimento do solo

Força sísmica impulsiva mais convectiva X



Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 21 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Força sísmica impulsiva mais convectiva Y



Sobrecarga: 50 kN/m²

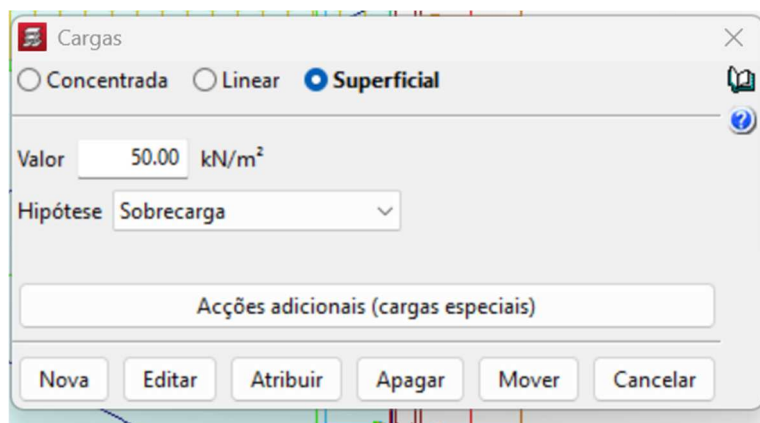


Ilustração 21. sobrecarga fundação

Cargas de viento		
Planta	Vento X (kN)	Vento Y (kN)
+21.00	13.405	26.208
+19.10	24.130	47.174

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 23 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.6. Acções no tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas

O tanque de equalização e pré-sedimentação de águas sujas e salmouras tem paredes de 60 centímetros de espessura, uma laje superior de 35 centímetros de espessura e uma laje de fundação de 70 centímetros de espessura.

As paredes têm 60 centímetros de espessura.

A geometria e a armadura dos elementos, bem como as acções sobre eles, são descritas a seguir.

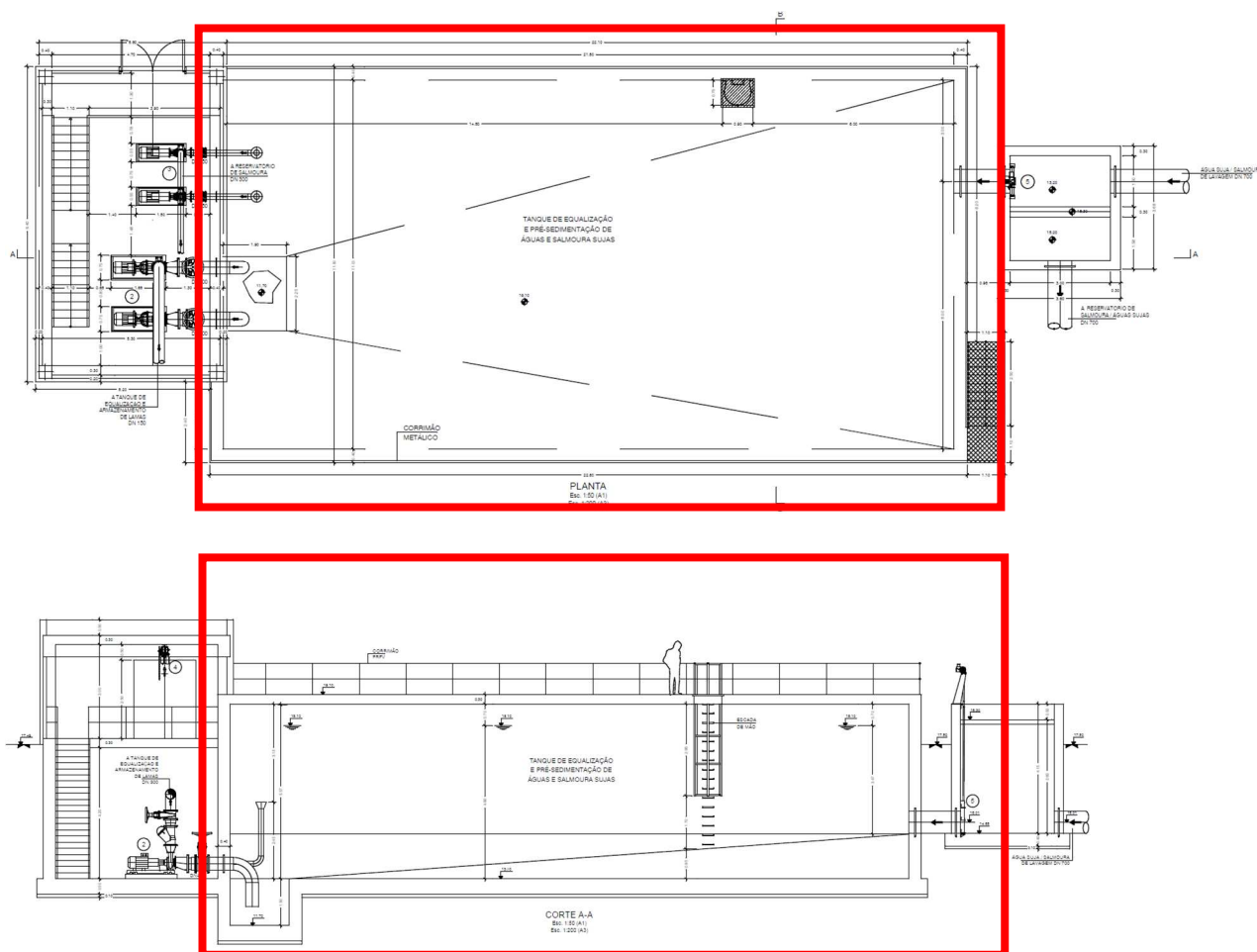


Ilustração 25 área de estudio

4.5.6.1. Parede com 60 centímetros de espessura

As acções de Impulsos do terreno, pressão hidrostática, força sísmica impulsiva mais convectiva e sobrecarga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 24 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

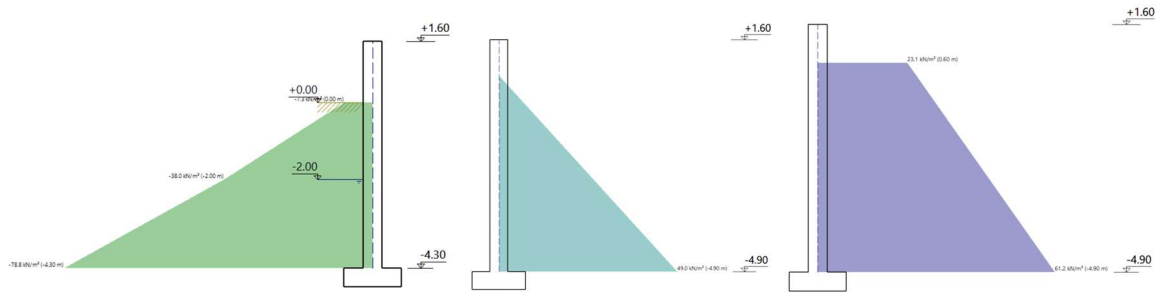


Ilustração 26 acções na parede

4.5.6.1.1. Esforços de dimensionamento

Axial vertical

Hipótese

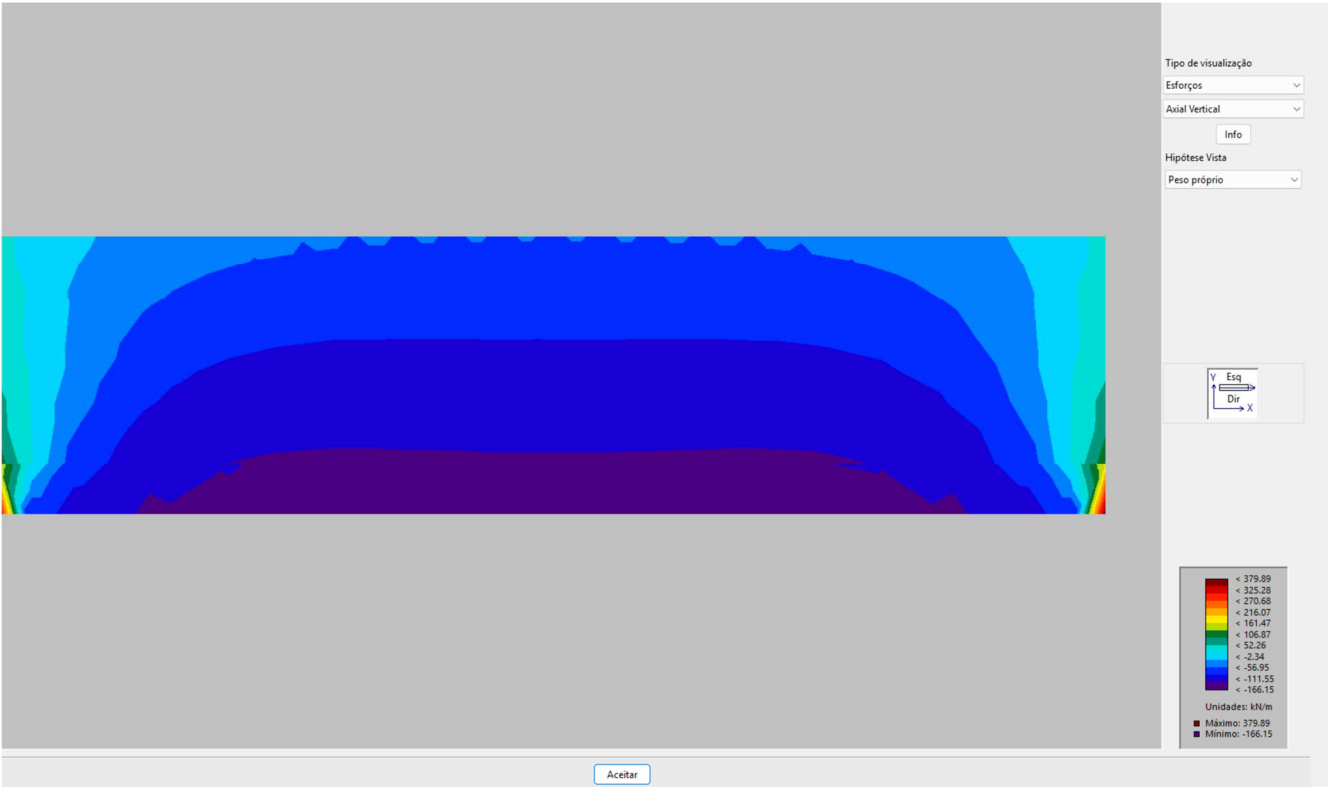


Ilustração 27 Peso próprio

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 25 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

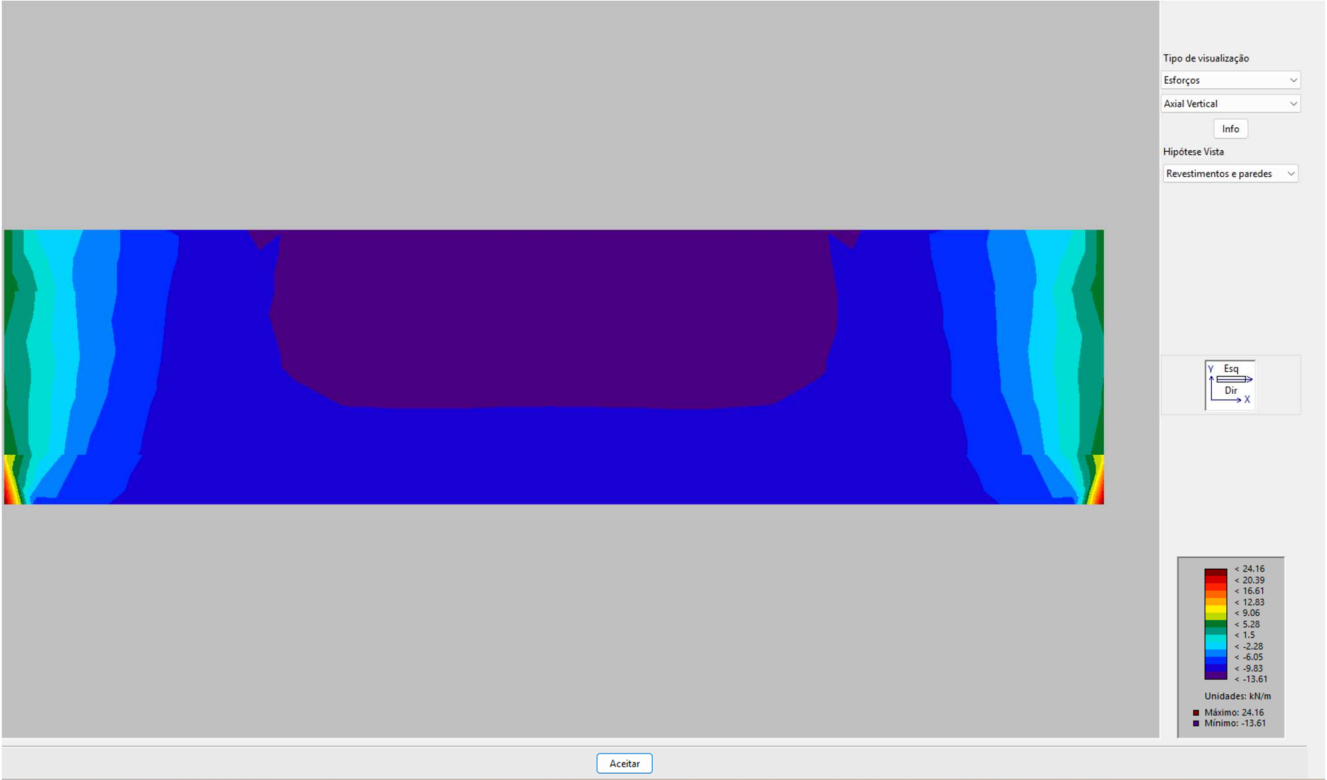


Ilustração 28 Revestimentos e paredes

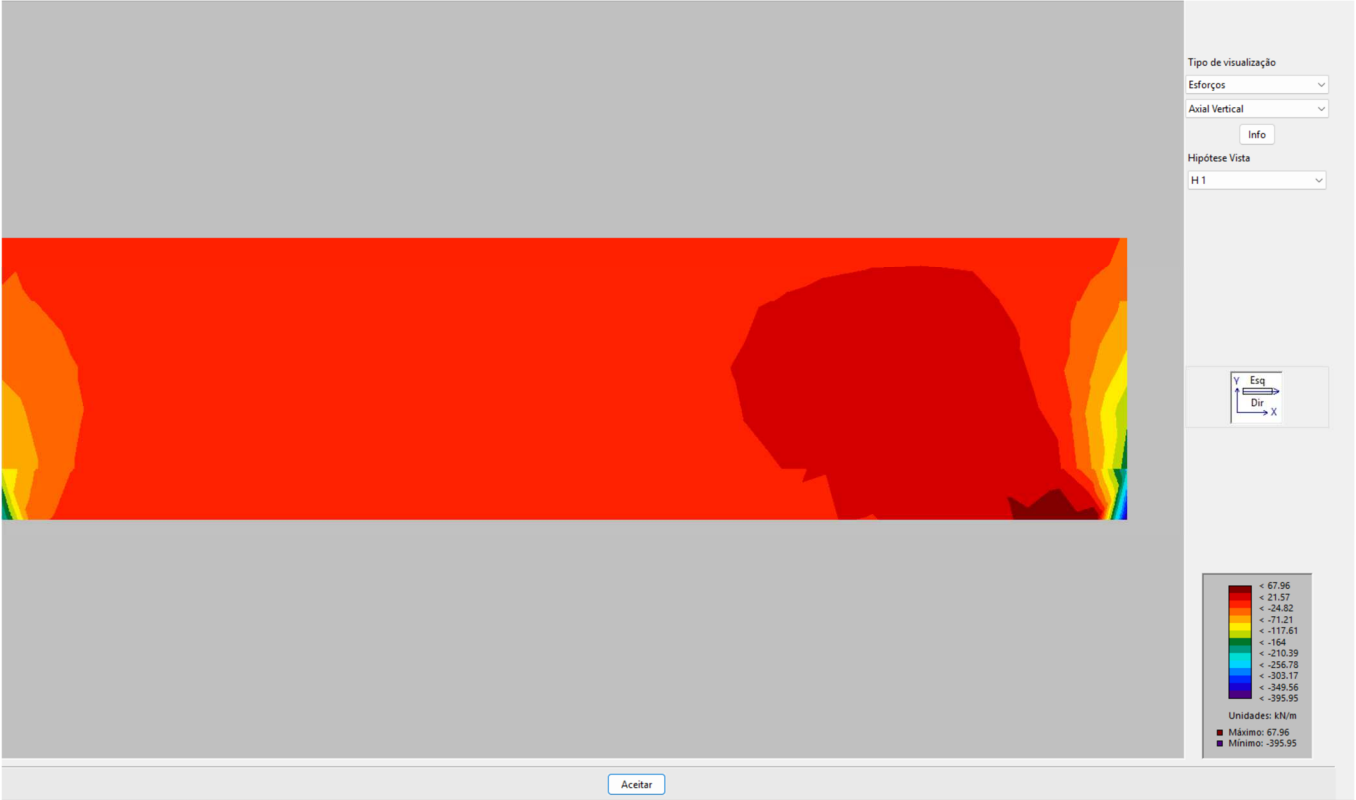


Ilustração 29 Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 26 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Ilustração 30 Sobrecarga

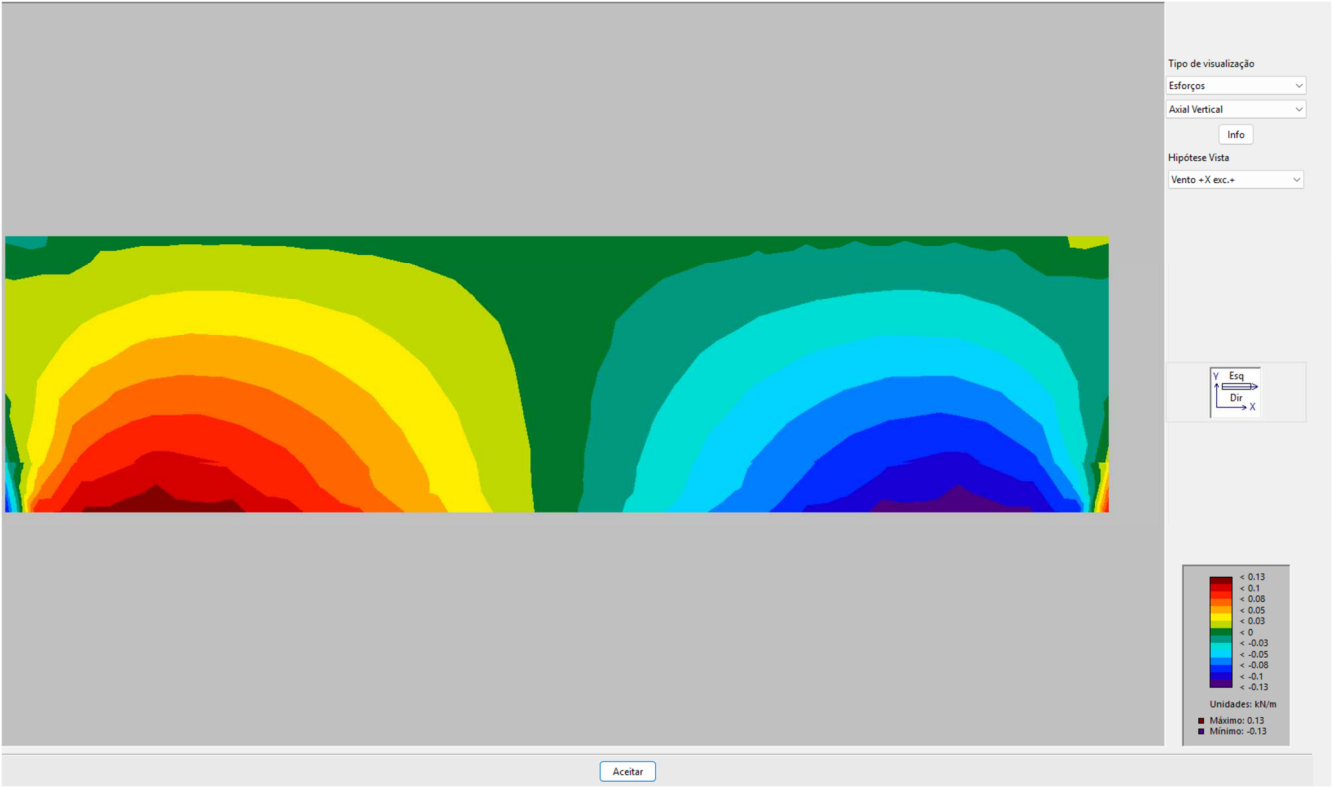


Ilustração 31 Vento

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 27 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

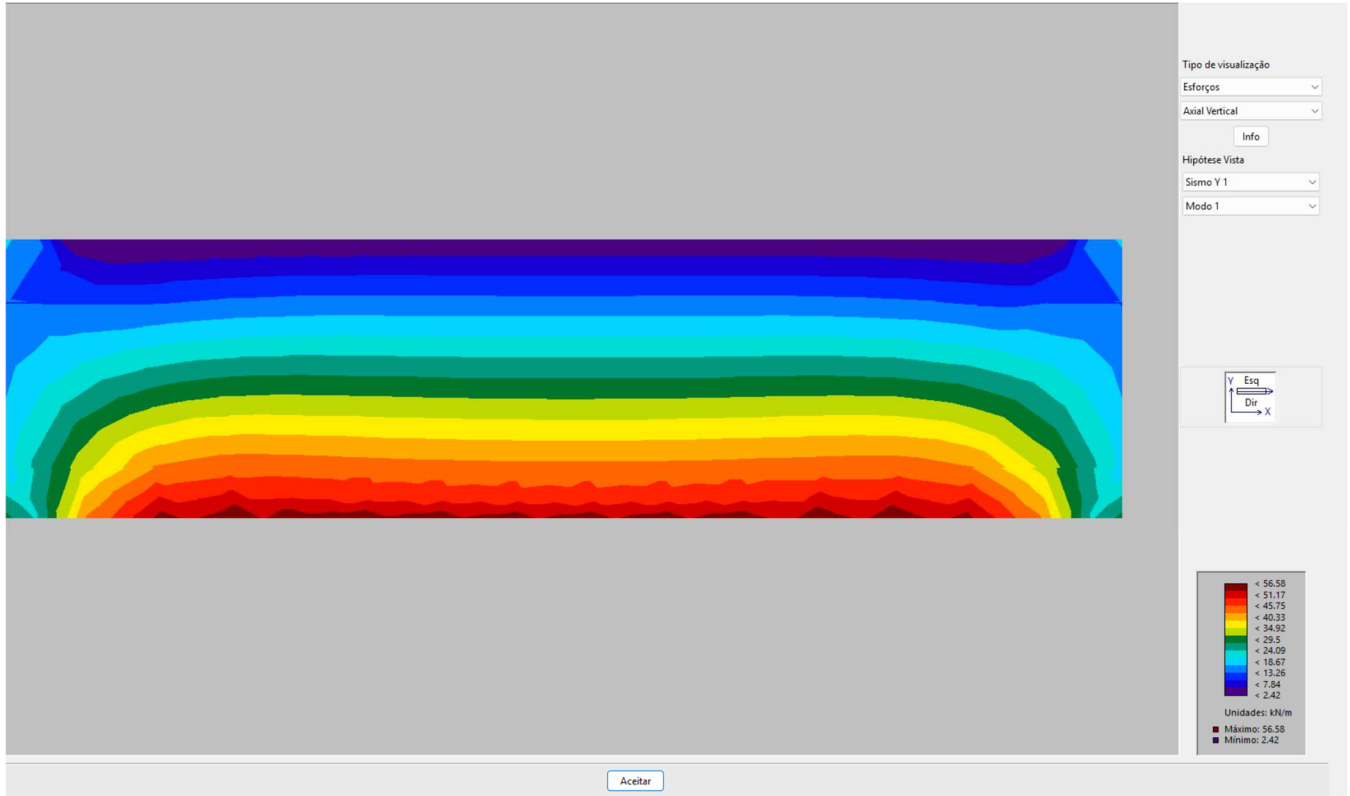


Ilustração 32 Sismo Y1 Modo 1

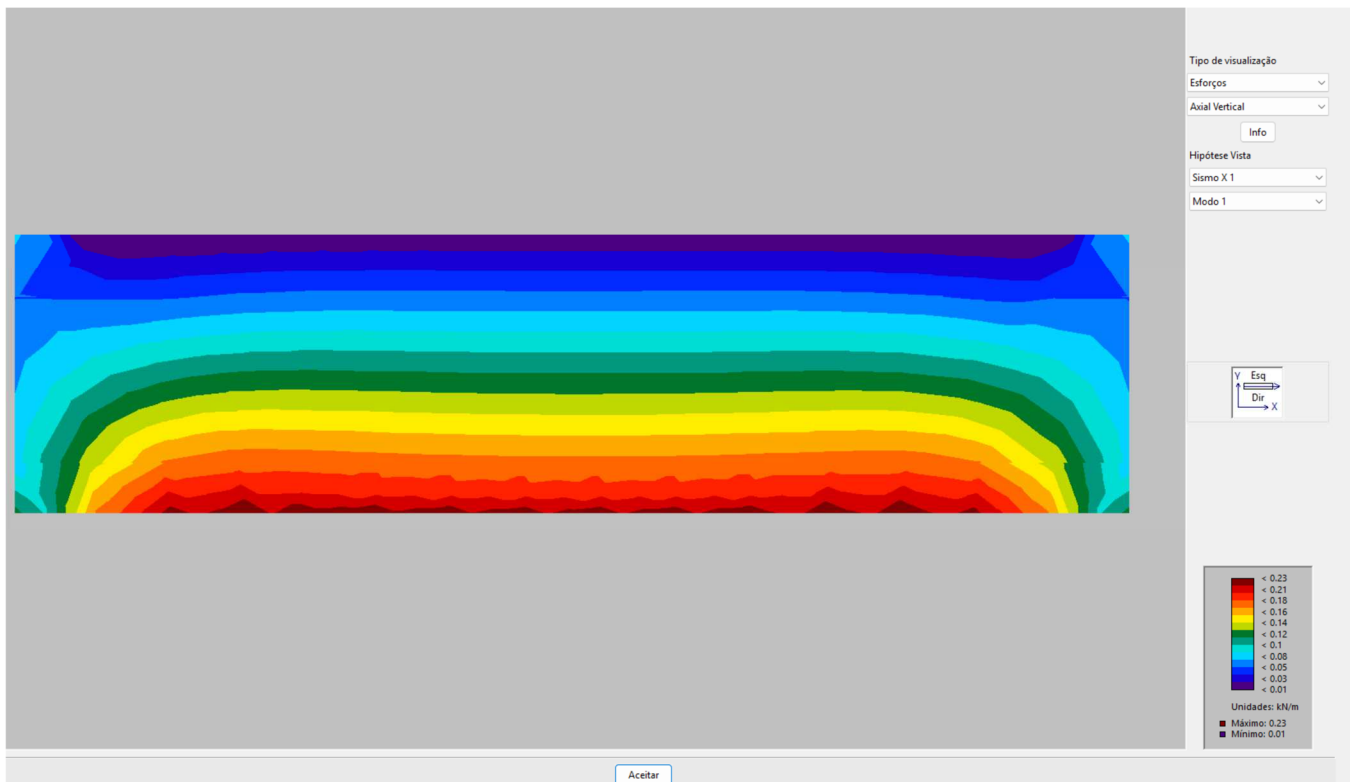


Ilustração 33 Sismo X1 Modo 1

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 28 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Momento vertical

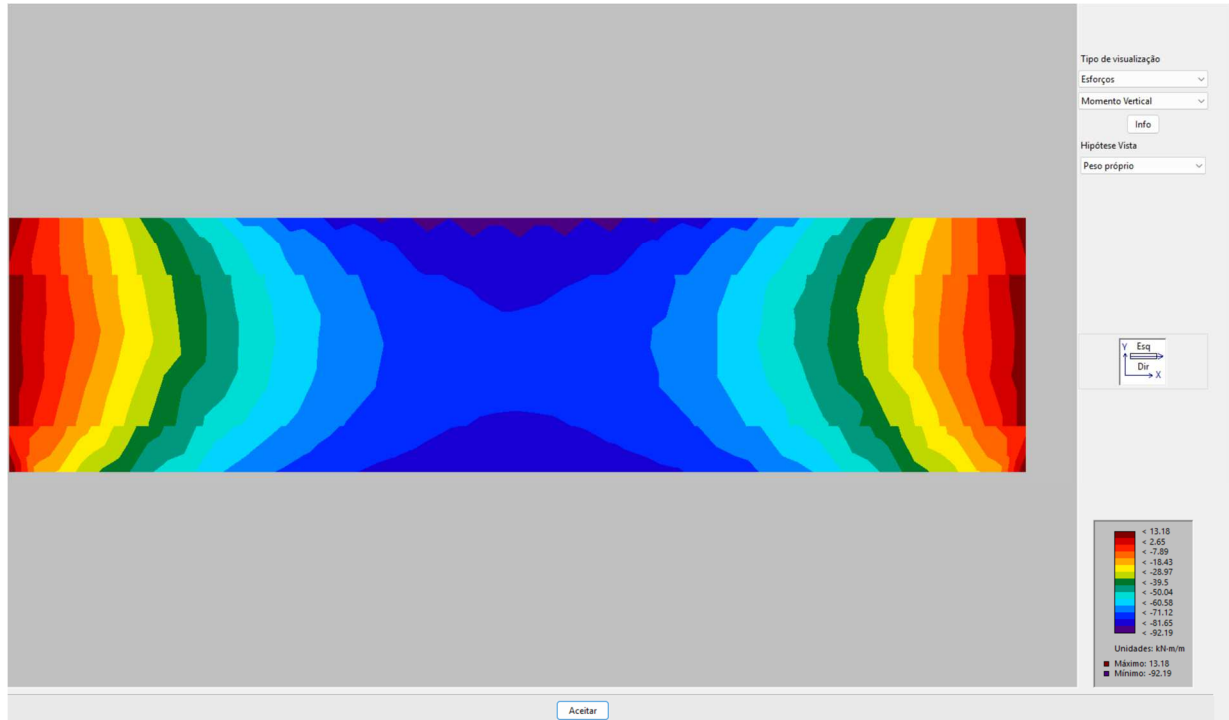


Ilustração 34 Peso próprio

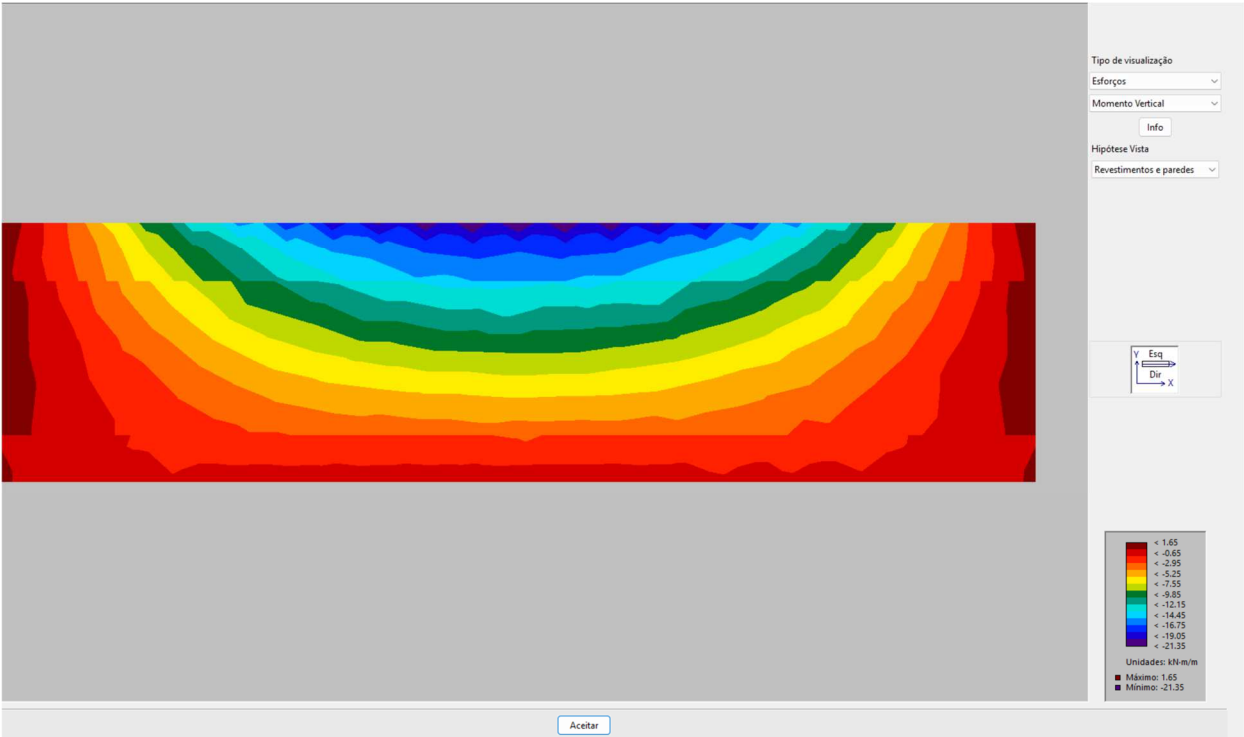


Ilustração 35 Revestimentos e paredes

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 29 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

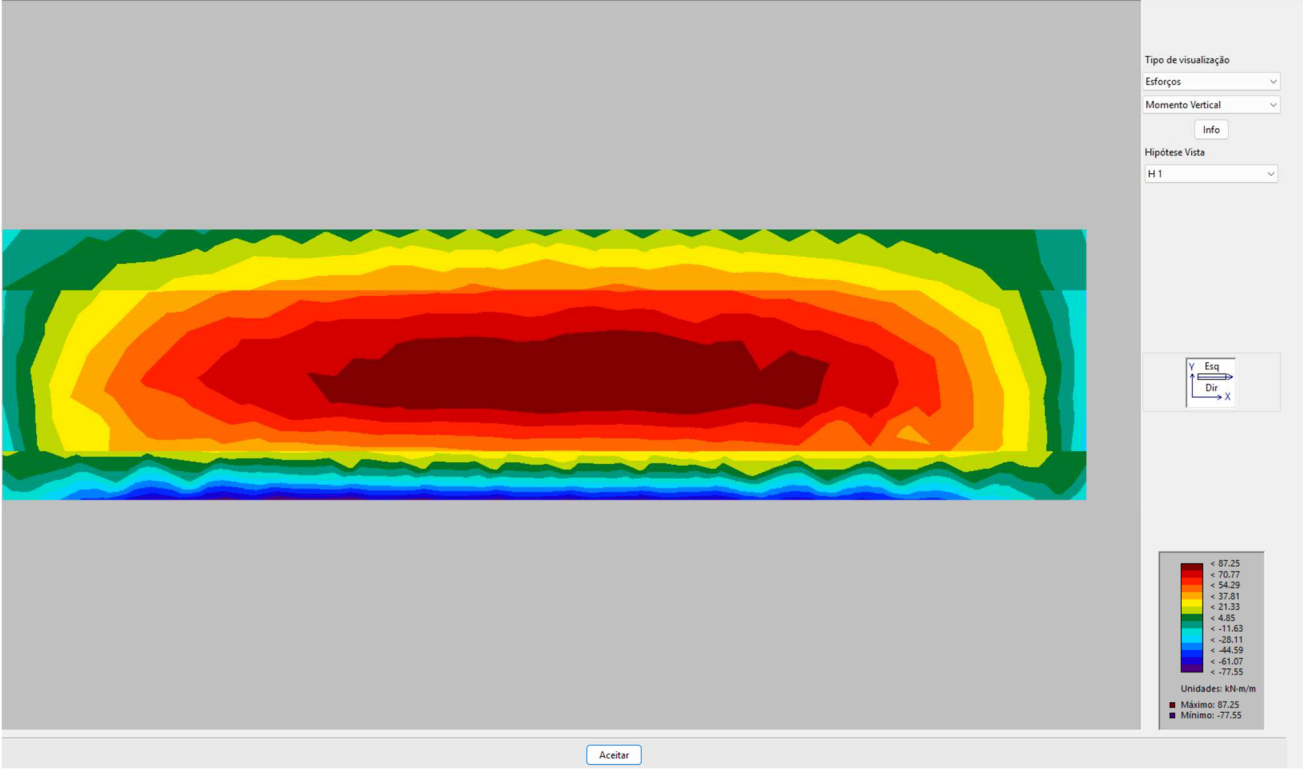


Ilustração 36 Impulsos do terreno

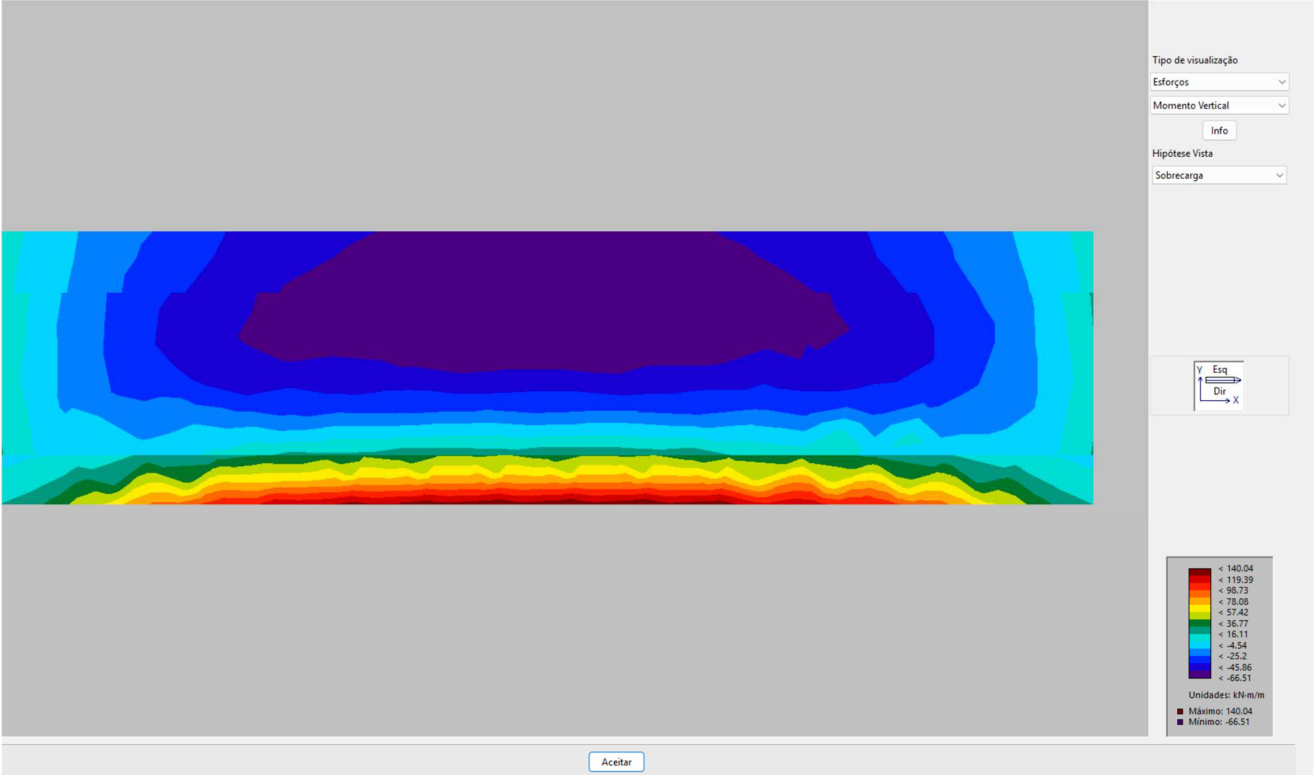


Ilustração 37 Sobrecarga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 30 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

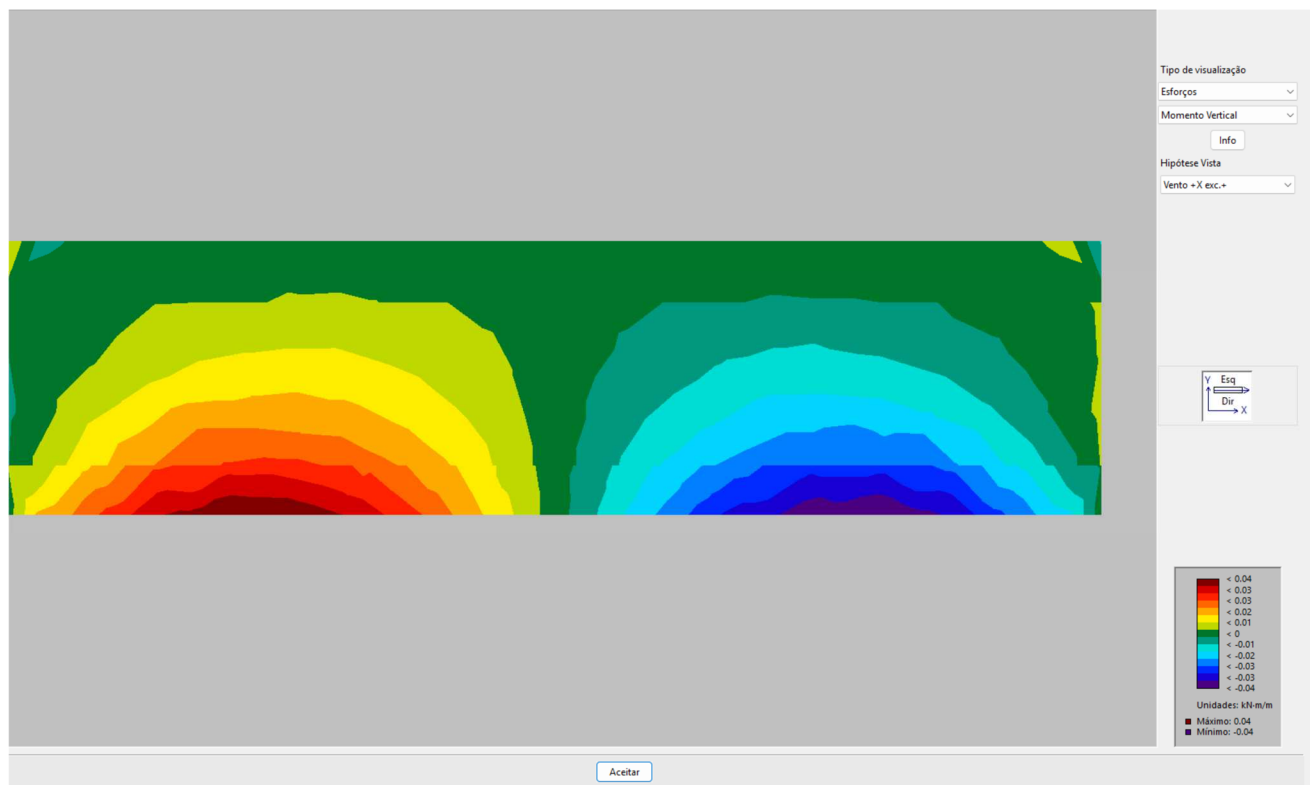


Ilustração 38 Vento

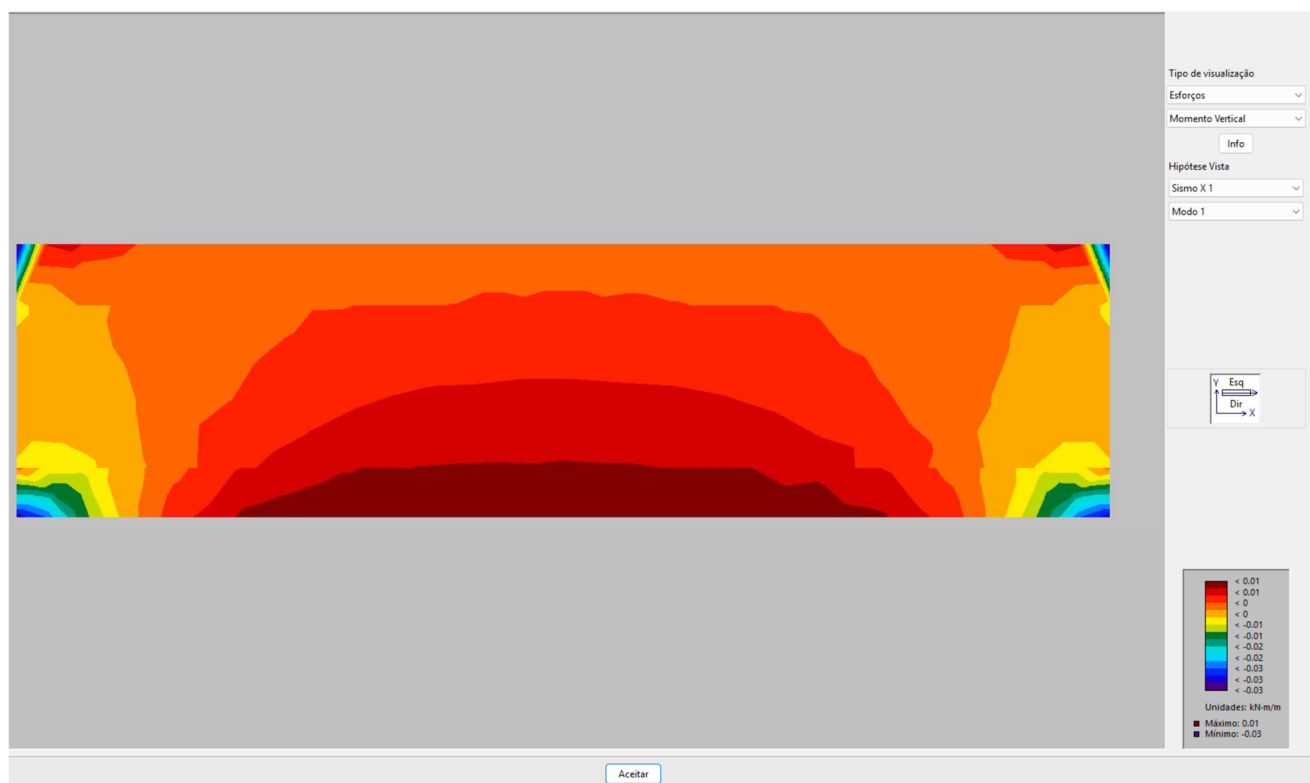


Ilustração 39 Sismo X1 Modo 1

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	31 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

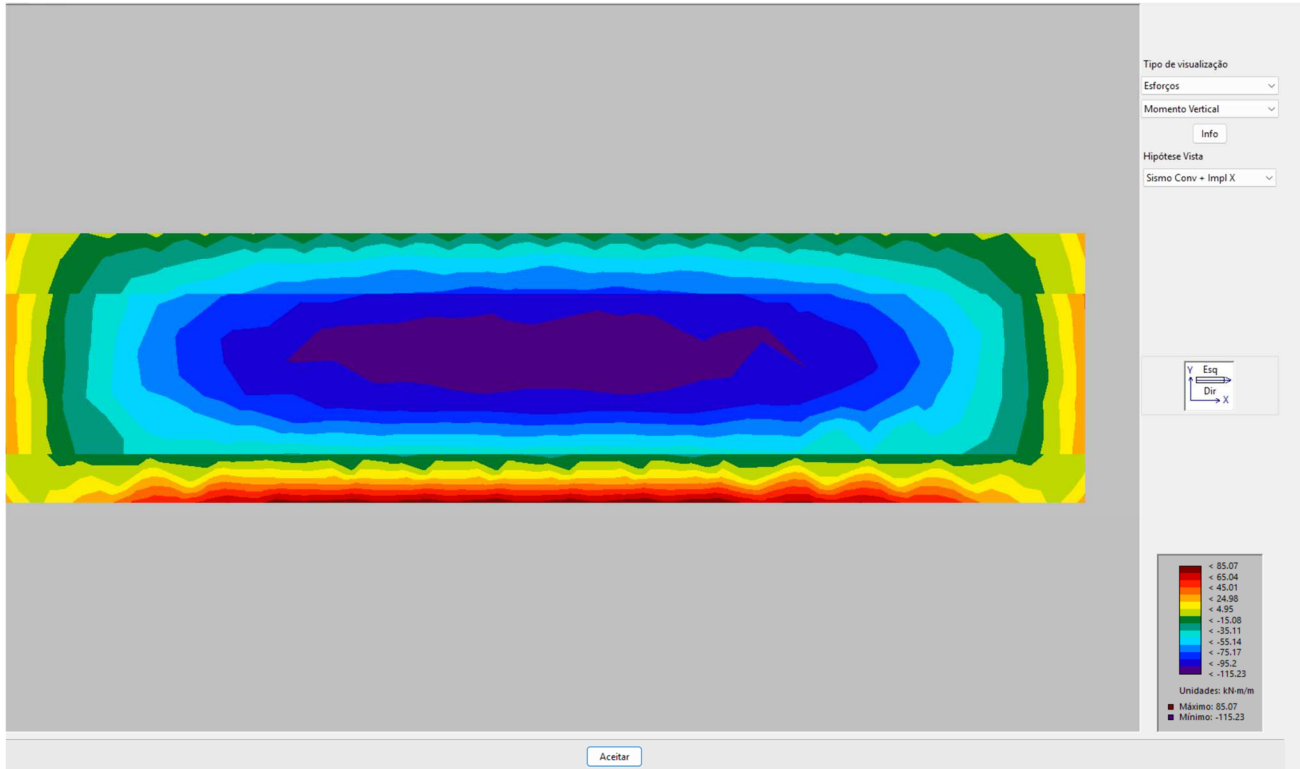


Ilustração 40 Sismo Conv + Impl X

Momento horizontal

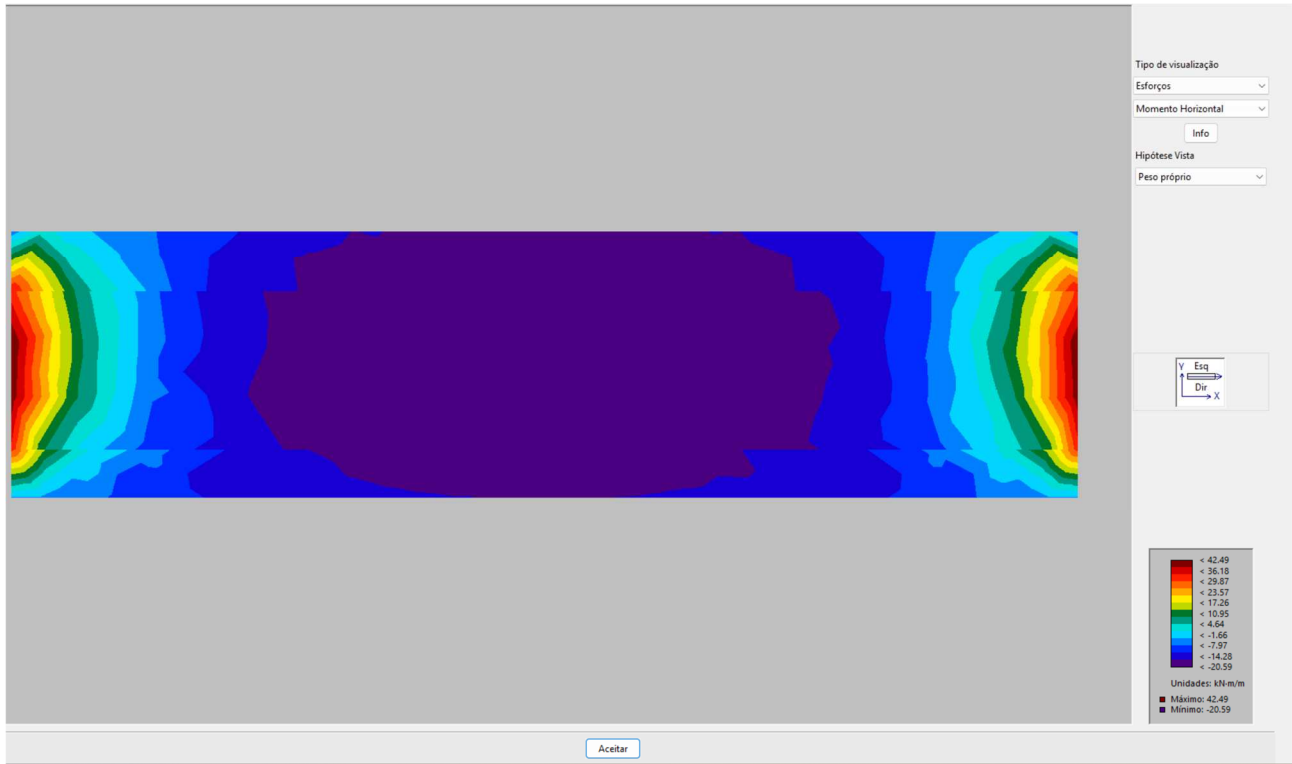


Ilustração 41 Peso próprio

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 32 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

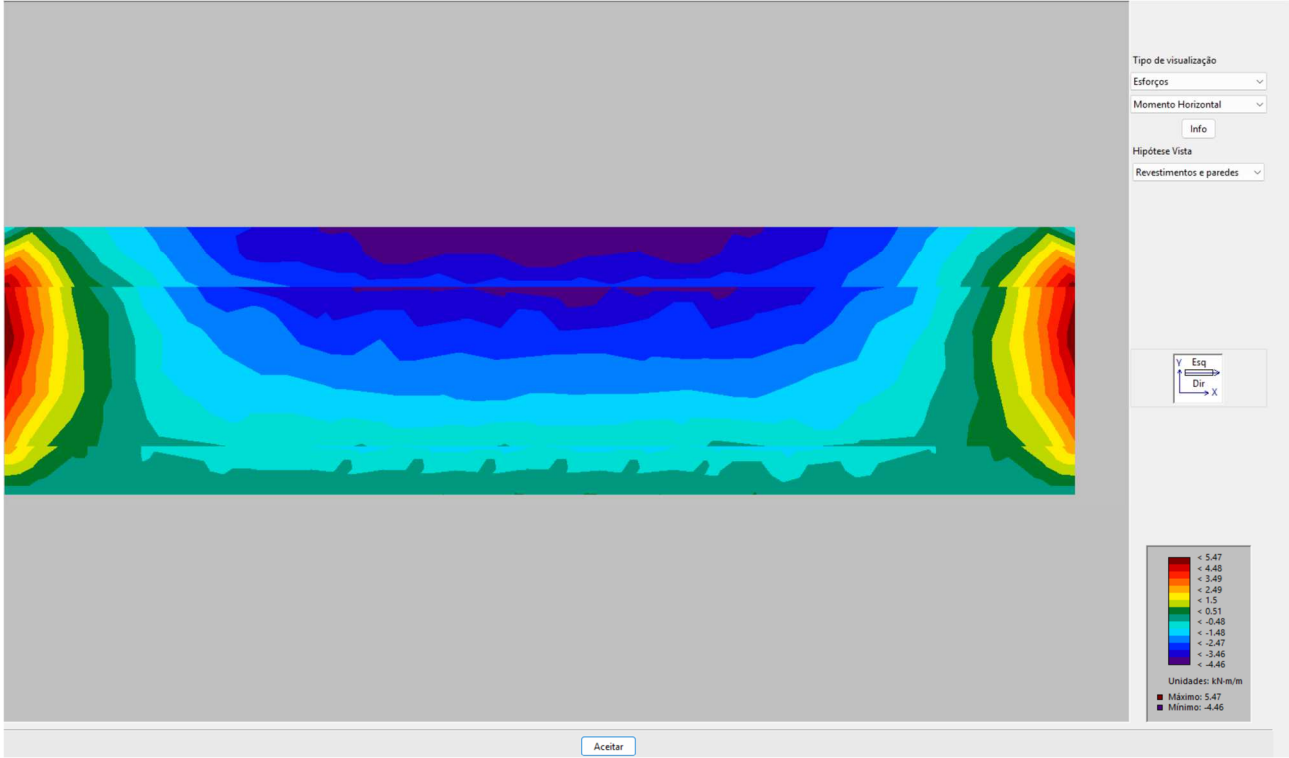


Ilustração 42 Revestimentos e paredes

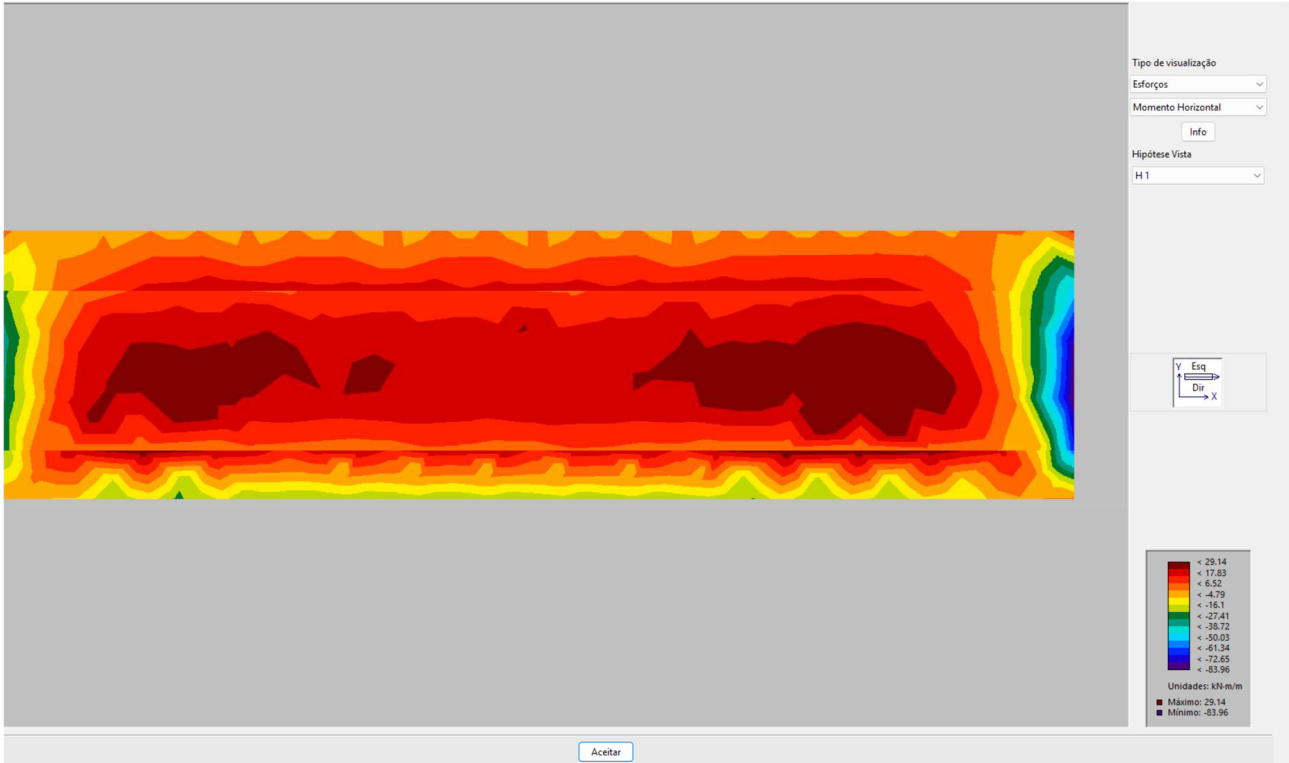


Ilustração 43 Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 33 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

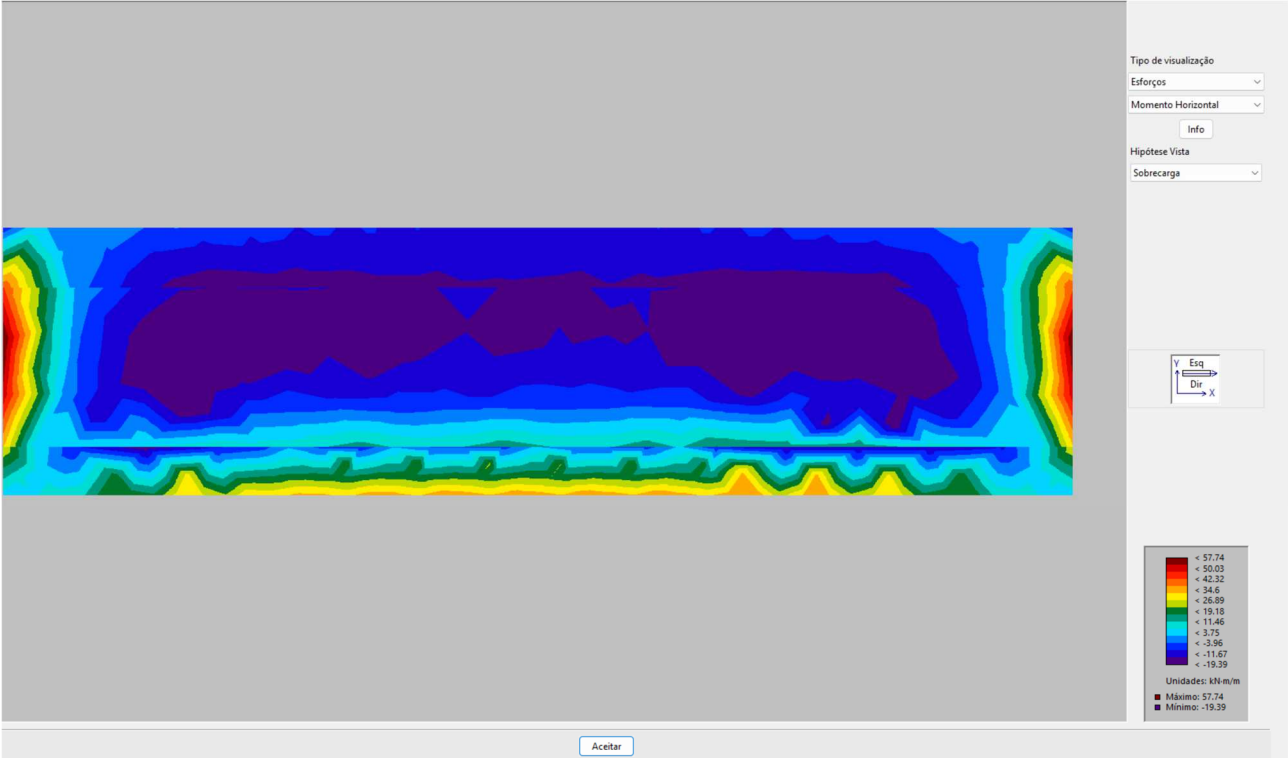


Ilustração 44 Sobrecarga

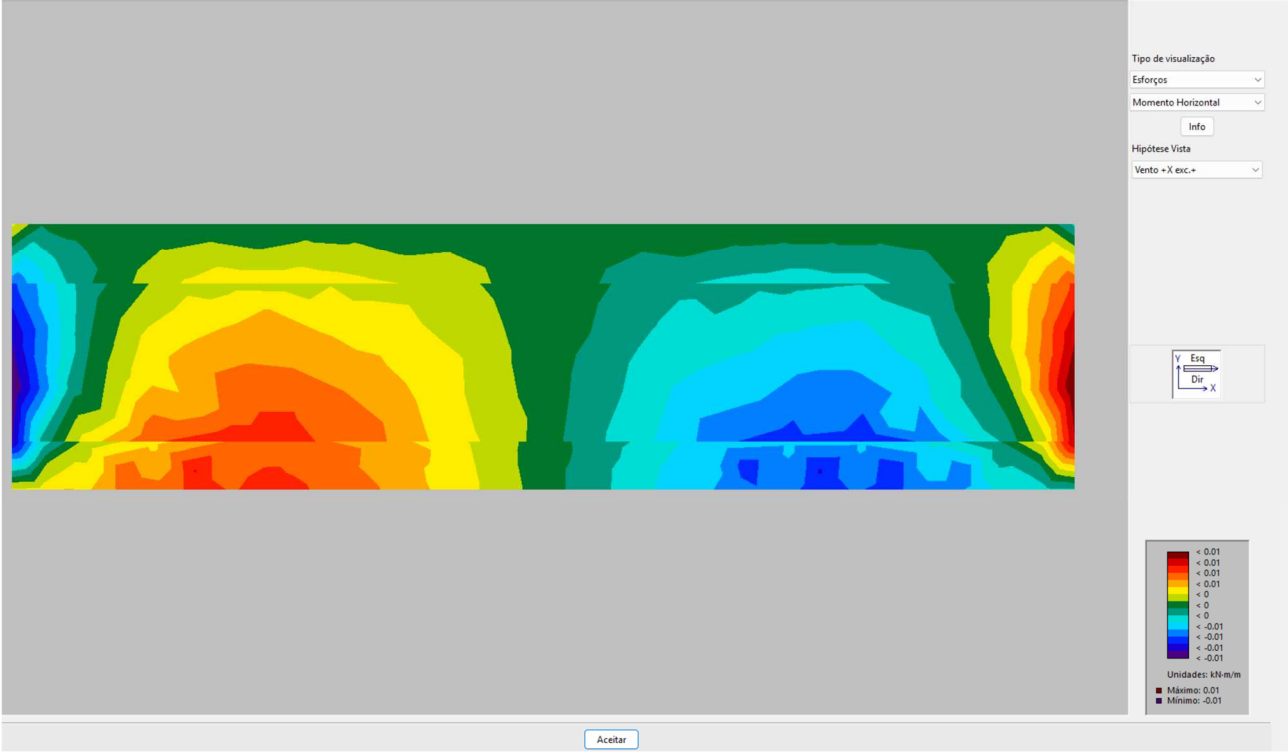


Ilustração 45 Vento

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 34 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

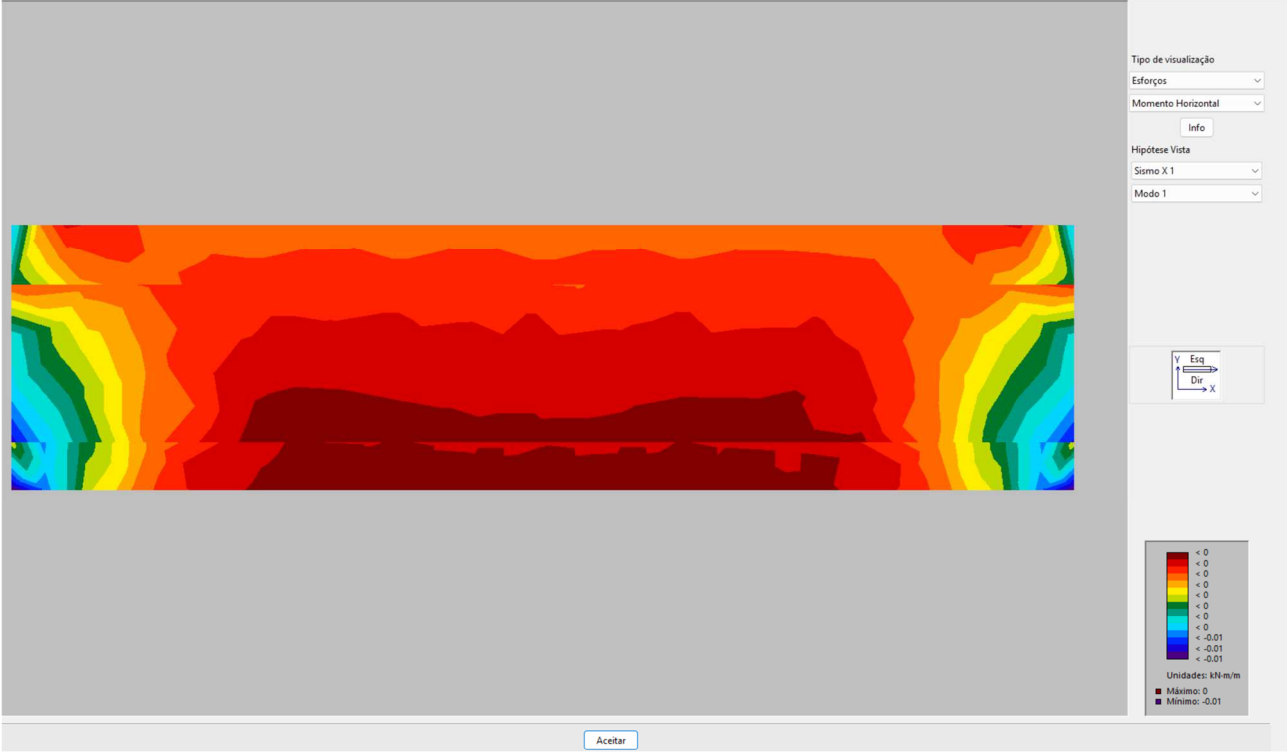


Ilustração 46 Sismo X1 Modo 1

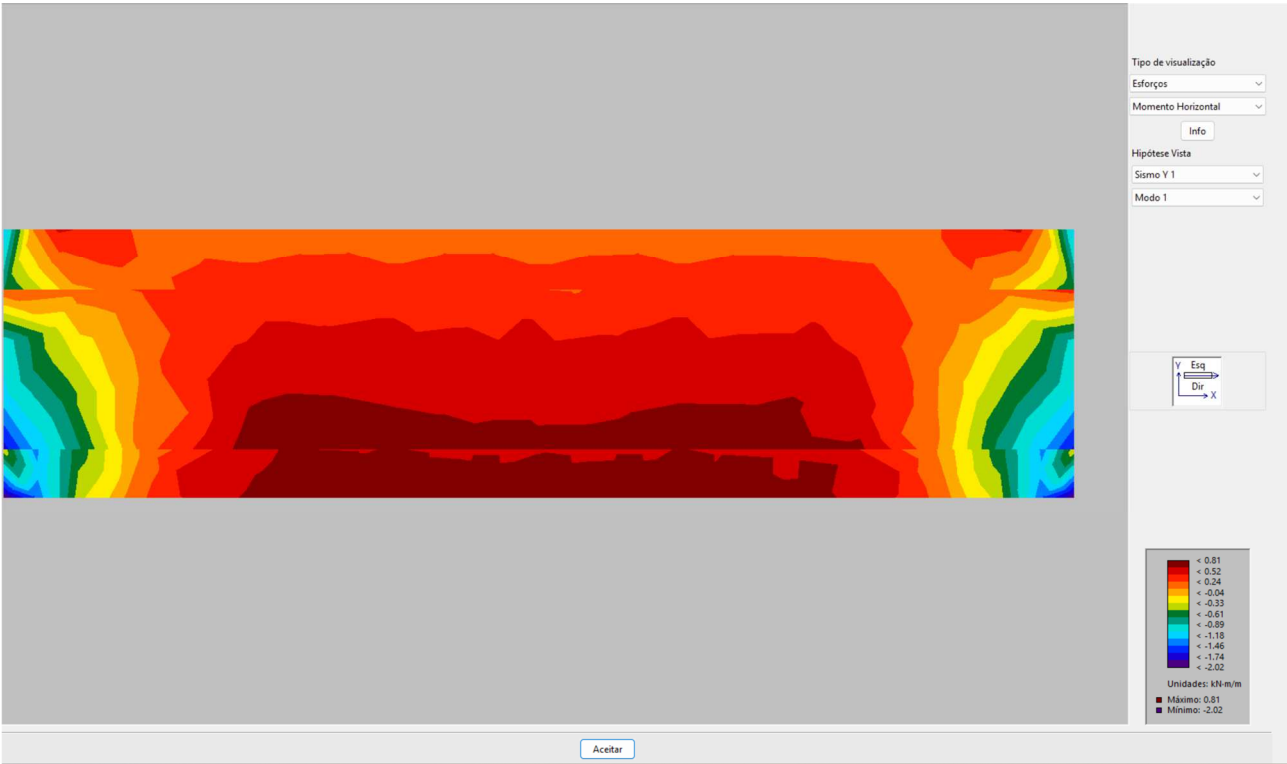


Ilustração 47 Sismo Y1 Modo 1

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 35 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

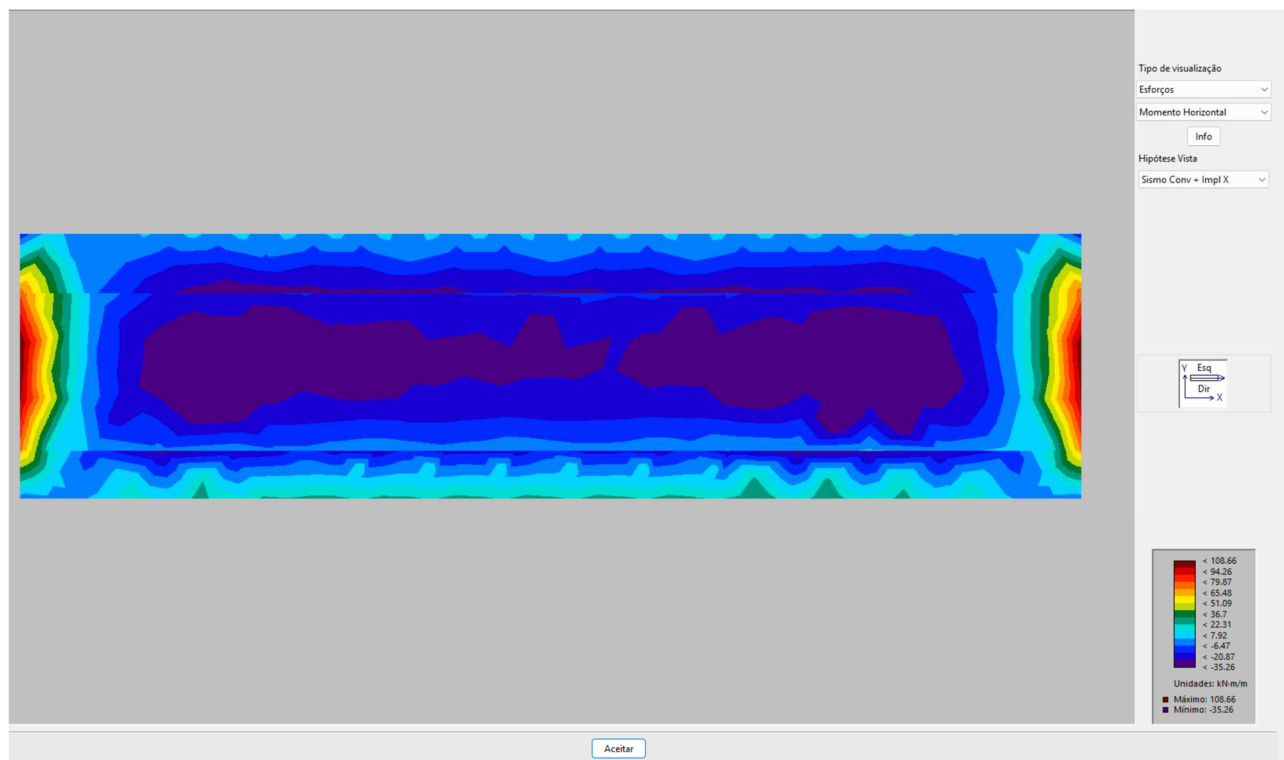


Ilustração 48 Sismo Conv + Impl X

4.5.6.1.2. Listagem de armaduras - desfavoráveis

Espessura da parede 60 cm (0,30+0,30)

Referencia: M14

Sectores do muro	Espesores	Arm.ver	Arm.hor	Arm.Trans	F.C.	Estado
FUNDAÇÕES +13.20 - FUNDAÇÕES + 14.65	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	1 Ø8c/15 cm V	100 %	---
	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	20 cm H		
FUNDAÇÕES + 14.65 - 17.70	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	1 Ø8c/15 cm V	100 %	---
	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	20 cm H		
17.50 - +19.10	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	1 Ø8c/15 cm V	100 %	---
	0.3 m	Ø20c/20 cm	Ø20c/15 cm	20 cm H		

Para cada planta a linha superior hace referencia al lado izquierdo del muro y la inferior al lado derecho.

F.C. = El factor de cumplimiento indica el porcentaje de área en el cual el armado y espesor de hormigón son suficientes.

Listado de pésimos

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 36 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referencia: M14

Sector	Estado	Esfuerzos							
		Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
FUNDAÇÕES +13.20 - FUNDAÇÕES + 14.65	Arm. vert. der.	-413.76	-47.23	-256.71	-222.34	-28.38	10.65	---	---
	Arm. horz. der.	-287.76	-61.12	-575.05	8.63	-59.89	-10.94	---	---
	Arm. vert. izq.	-226.23	-46.26	-600.71	-138.29	-30.53	-11.58	---	---
	Arm. horz. izq.	-323.26	-65.05	-497.94	-143.75	-64.59	11.11	---	---
	Hormigón	-344.00	-64.83	-583.83	-96.81	-34.65	6.71	---	---
	Arm. transve.	-220.29	-48.96	-81.12	---	---	---	174.10	-2.14
FUNDAÇÕES + 14.65 - 17.70	Arm. vert. der.	-197.37	385.54	-680.09	18.40	13.66	0.31	---	---
	Arm. horz. der.	-197.37	385.54	-680.09	18.40	13.66	0.31	---	---
	Arm. vert. izq.	-127.80	27.79	-708.08	-71.92	-10.61	6.26	---	---
	Arm. horz. izq.	-197.37	385.54	-680.09	-5.92	13.66	0.31	---	---
	Hormigón	-127.80	27.79	-708.08	-71.92	-10.61	6.26	---	---
	Arm. transve.	7.13	144.40	-68.86	---	---	---	10.08	-93.34
17.50 - +19.10	Arm. vert. der.	135.30	-635.03	1108.53	0.00	-9.96	2.46	---	---
	Arm. horz. der.	-126.22	260.63	-894.93	3.79	-6.94	2.66	---	---
	Arm. vert. izq.	135.30	-635.03	1108.53	-41.41	-9.96	2.46	---	---
	Arm. horz. izq.	-126.22	260.63	-894.93	-28.87	-6.94	2.66	---	---
	Hormigón	135.30	-635.03	1108.53	-41.41	-9.96	2.46	---	---
	Arm. transve.	122.67	-601.21	1015.94	---	---	---	-25.18	15.15

Aprovechamiento: Nivel de tensiones (relación entre la tensión máxima y la admisible). Equivale al inverso del coeficiente de seguridad.

Nx : Axil vertical (kN/m).

Ny : Axil horizontal (kN/m).

Nxy: Axil tangencial (kN/m).

Mx : Momento vertical (alrededor del eje horizontal) (kN·m/m).

My : Momento horizontal (alrededor del eje vertical) (kN·m/m).

Mxy: Momento torsor (kN·m/m).

Qx : Cortante transversal vertical (kN/m).

Qy : Cortante transversal horizontal (kN/m).

4.5.6.2. Laje superior com 35 centímetros de altura

Acções sobre a laje

Peso próprio 6.25 kN/m²

Revestimentos e paredes 2 kN/m²

Sobrecarga 1 kN/m²

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 37 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Foi previsto um reforço de base de 16/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.

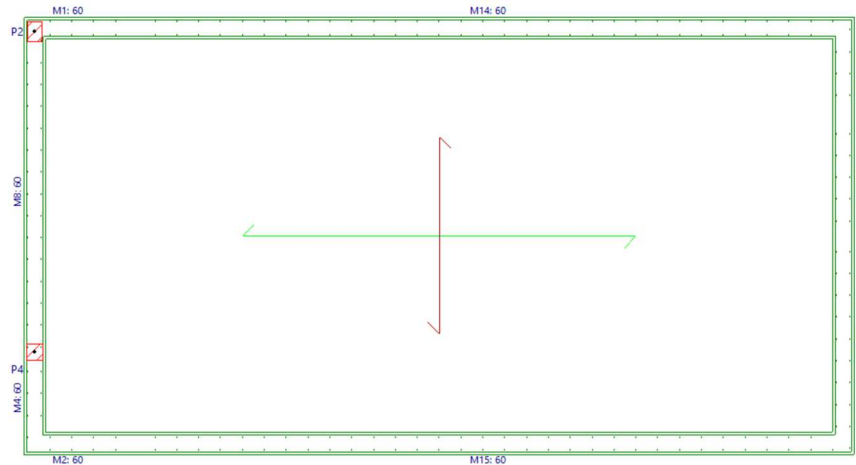
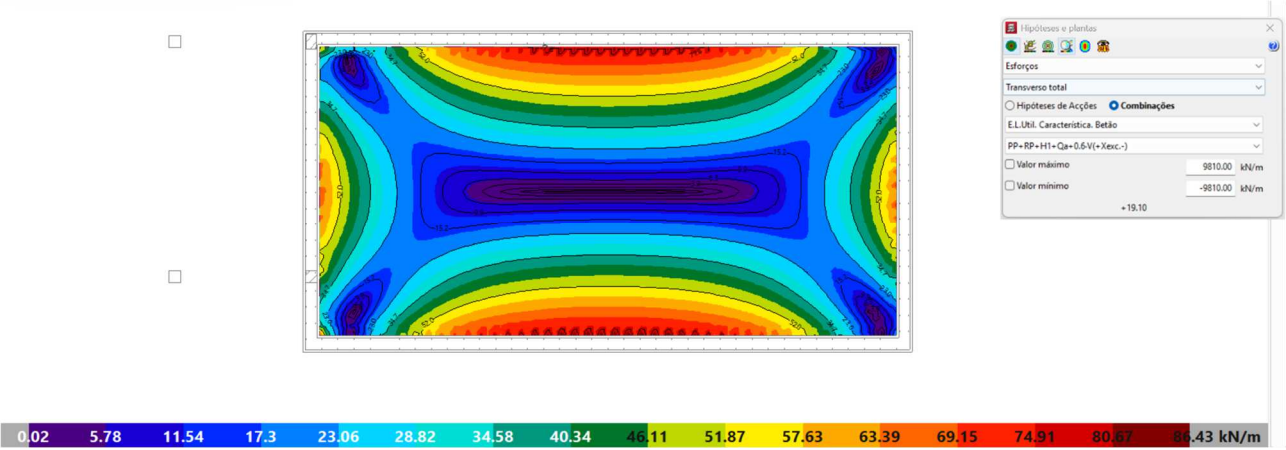
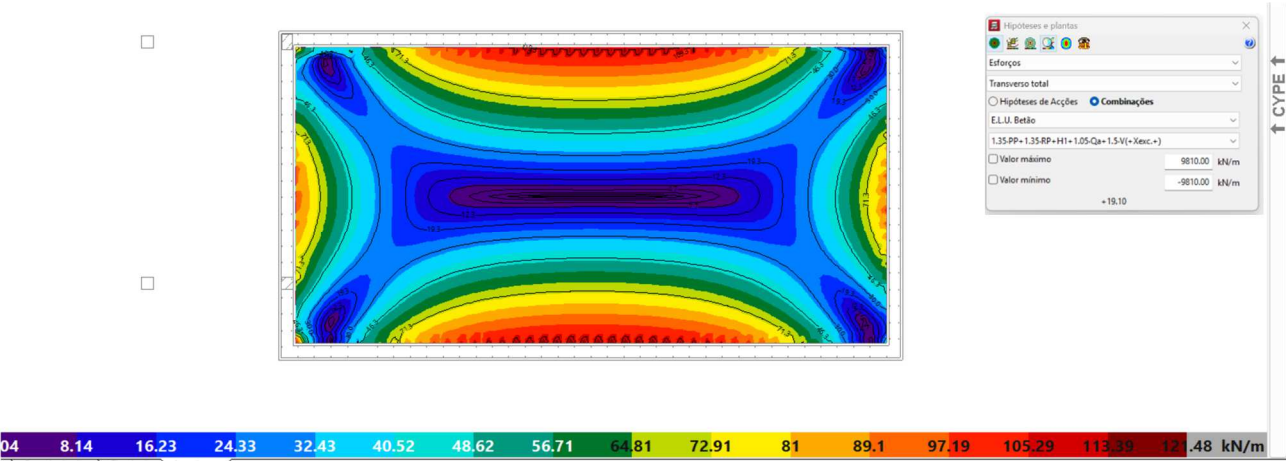
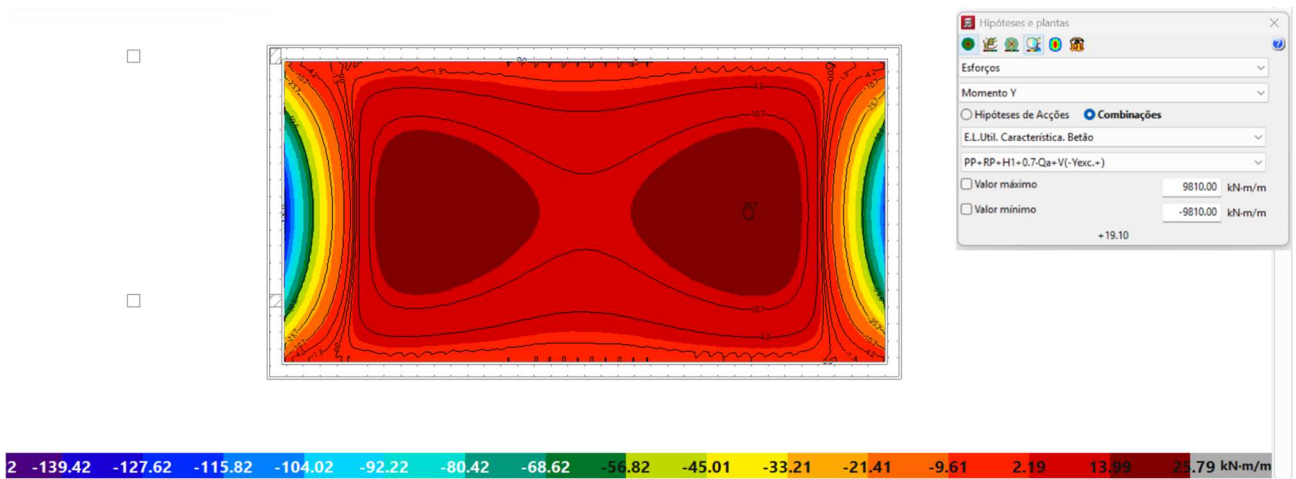
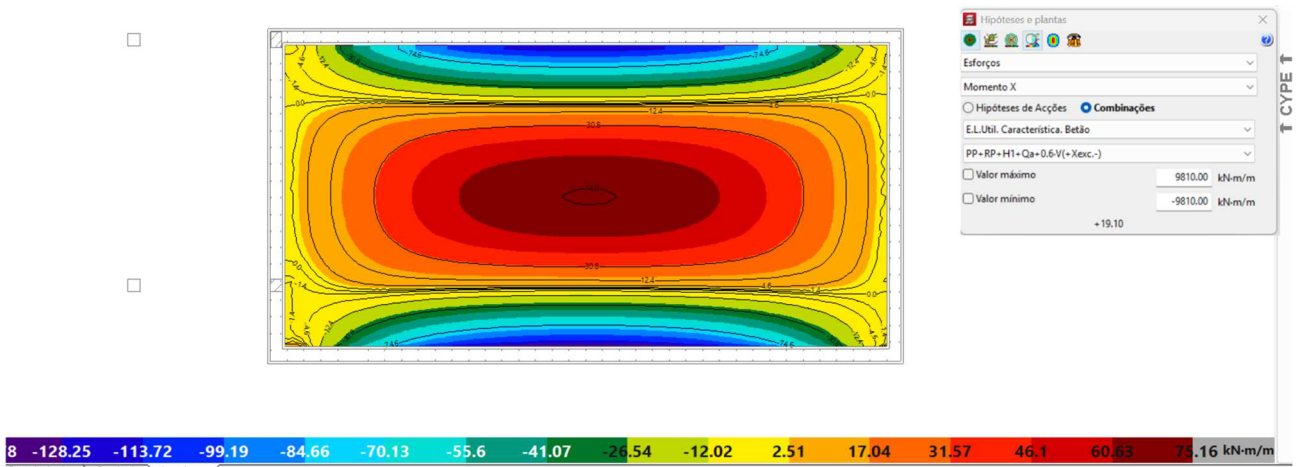
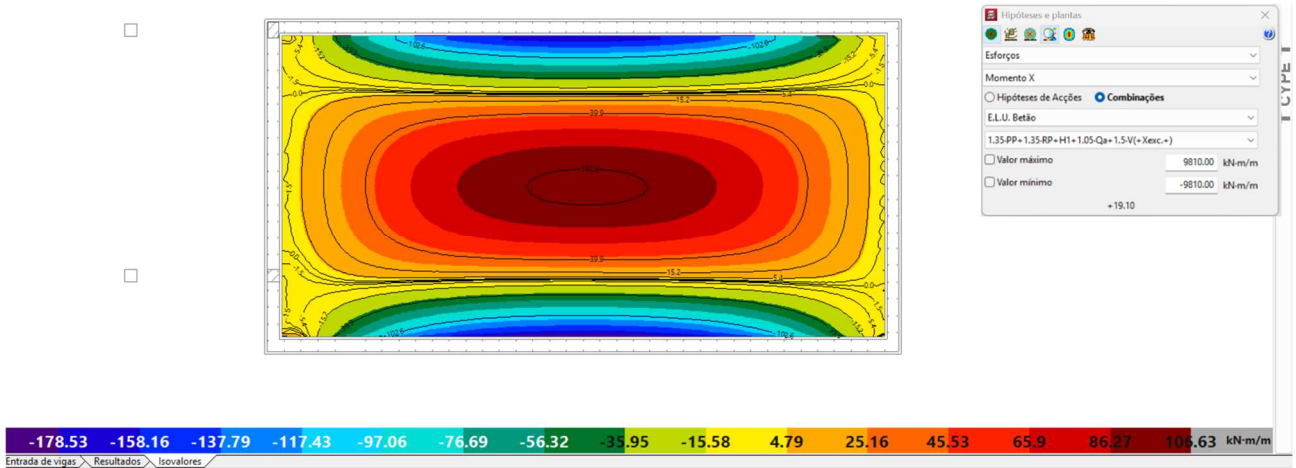


Ilustração 49 Geometria da laje

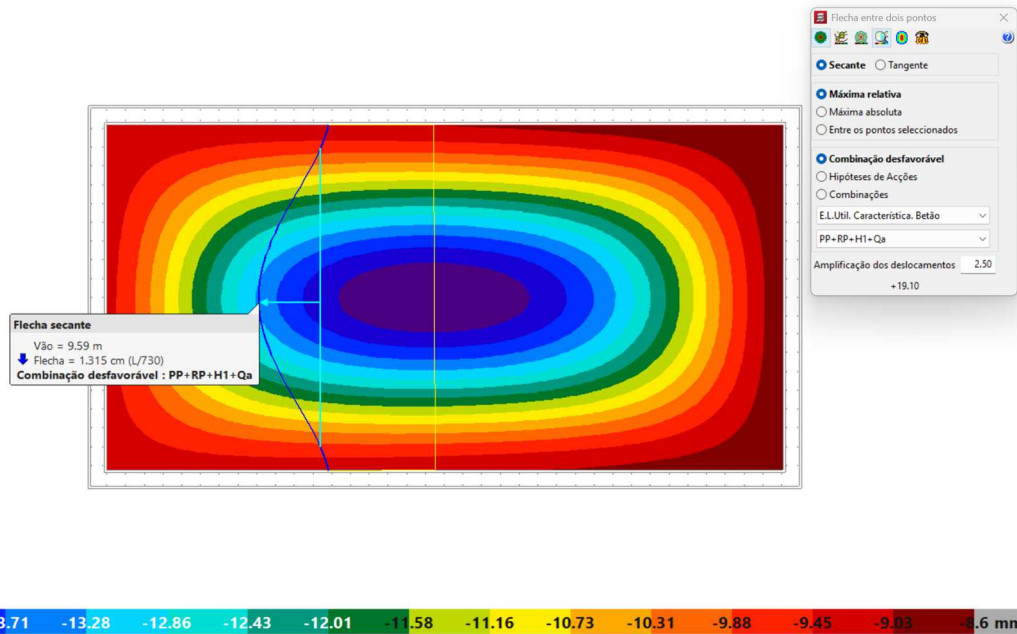
4.5.6.2.1. Esforços de dimensionamento



Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 38 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

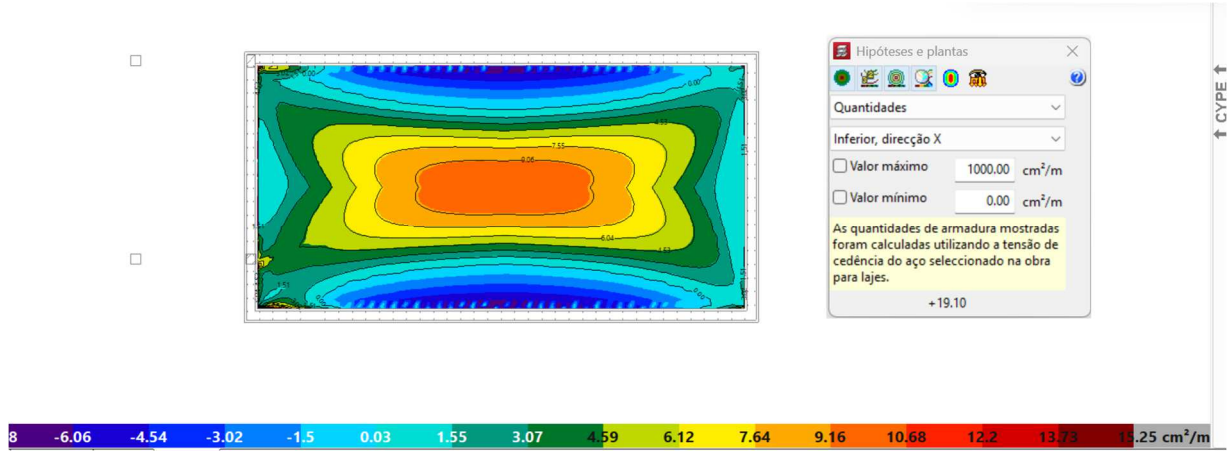


Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 39 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

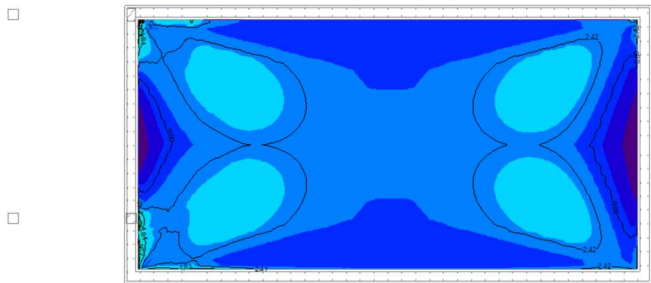


4.5.6.3. Armadura

Foi previsto um reforço de base de 16/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.



Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	40 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Hipóteses e plantas

Quantidades

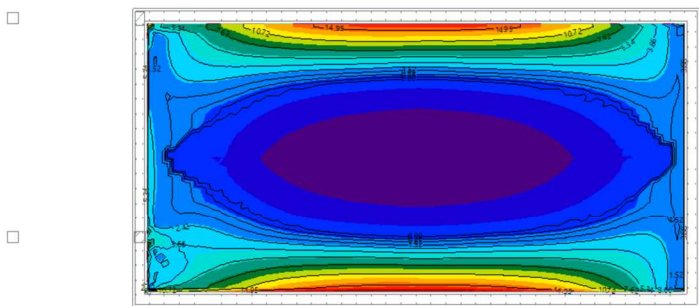
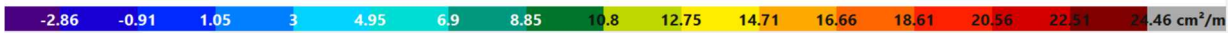
Inferior, direcção Y

☐ Valor máximo 1000.00 cm²/m

☐ Valor mínimo 0.00 cm²/m

As quantidades de armadura mostradas foram calculadas utilizando a tensão de cedência do aço seleccionado na obra para lajes.

+19.10



Hipóteses e plantas

Quantidades

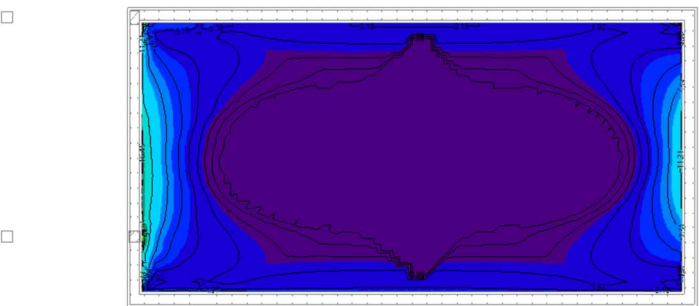
Superior, direcção X

☐ Valor máximo 1000.00 cm²/m

☐ Valor mínimo 0.00 cm²/m

As quantidades de armadura mostradas foram calculadas utilizando a tensão de cedência do aço seleccionado na obra para lajes.

+19.10



Hipóteses e plantas

Quantidades

Superior, direcção Y

☐ Valor máximo 1000.00 cm²/m

☐ Valor mínimo 0.00 cm²/m

As quantidades de armadura mostradas foram calculadas utilizando a tensão de cedência do aço seleccionado na obra para lajes.

+19.10



Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 41 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.7. Acções no tanque de equalização e armazenamento de lamas

O tanque de equalização e armazenamento de lamas tem paredes de 50 centímetros de espessura, uma laje de cobertura com 35 centímetros de espessura à cota 17,70 e uma laje de pavimento com 35 centímetros de espessura à cota 20,10 uma laje de fundação de 70 centímetros de espessura.

A geometria e a armadura dos elementos, bem como as acções sobre eles, são descritas a seguir.

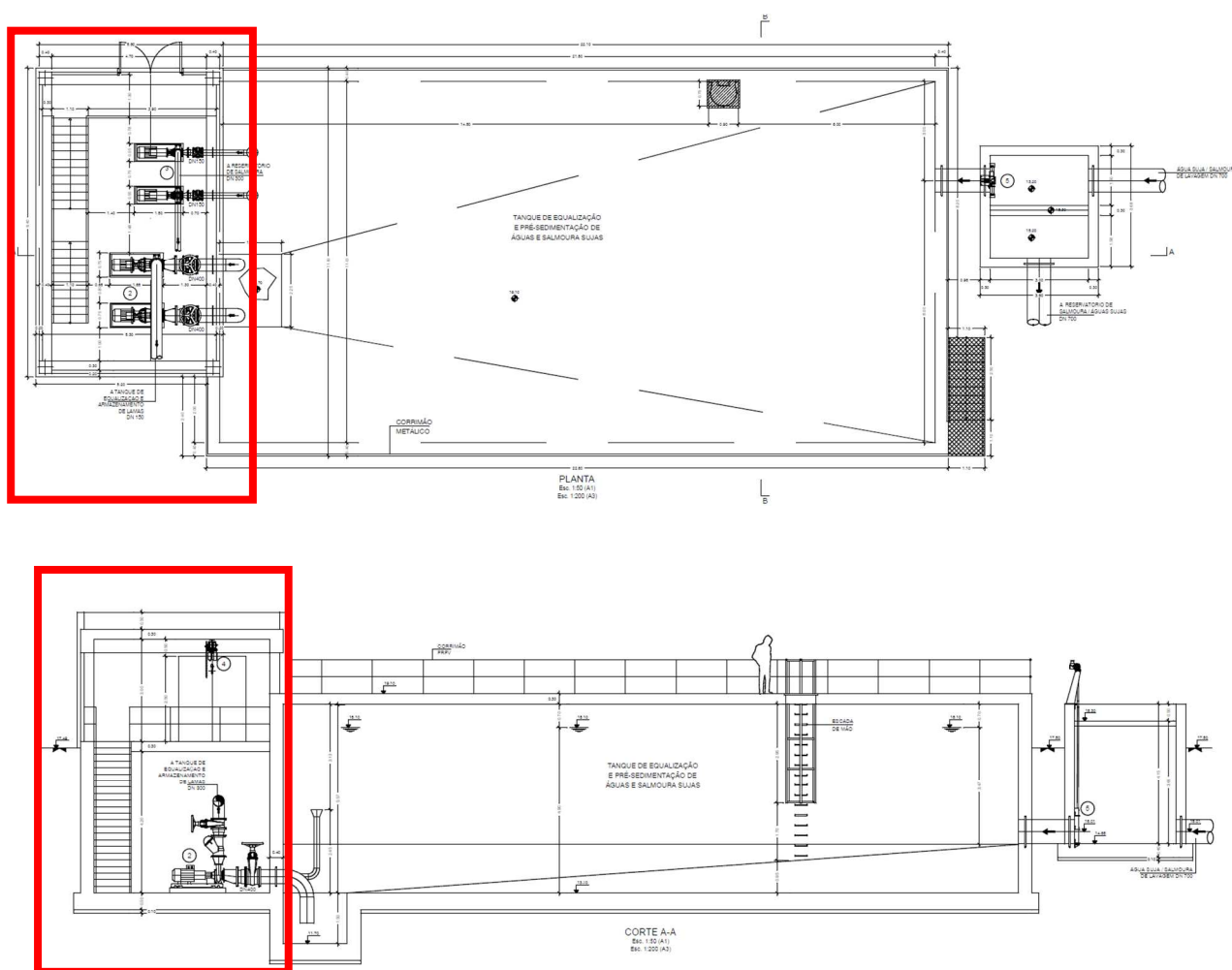
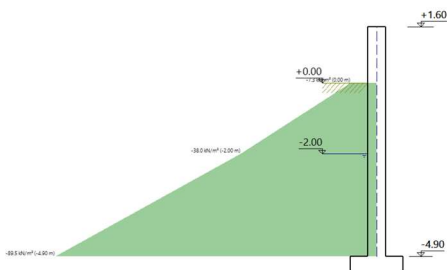


Ilustração 50 Área de estudo

4.5.7.1. Parede com 50 centímetros de espessura

As acções de Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 42 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



4.5.7.2. Esforços de dimensionamento

Esforços por hipótese

Axial Vertical

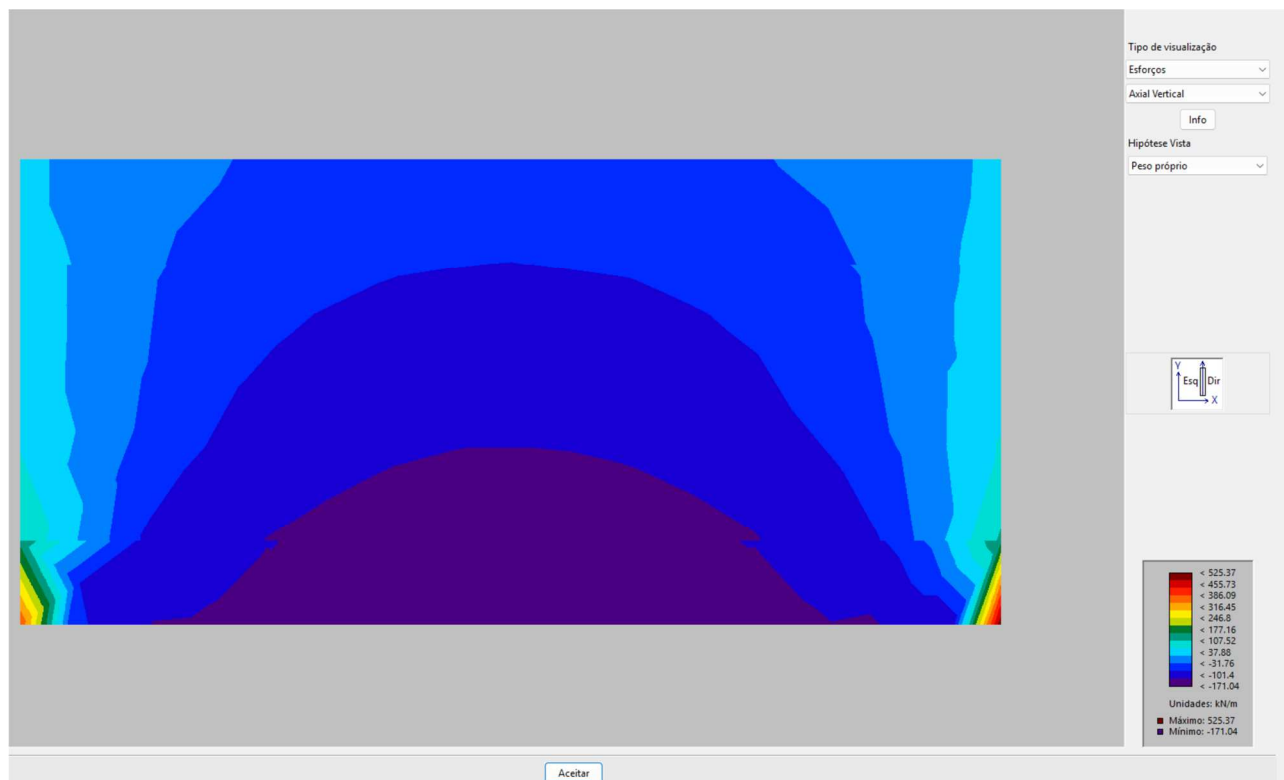


Ilustração 51 Peso próprio

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 43 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

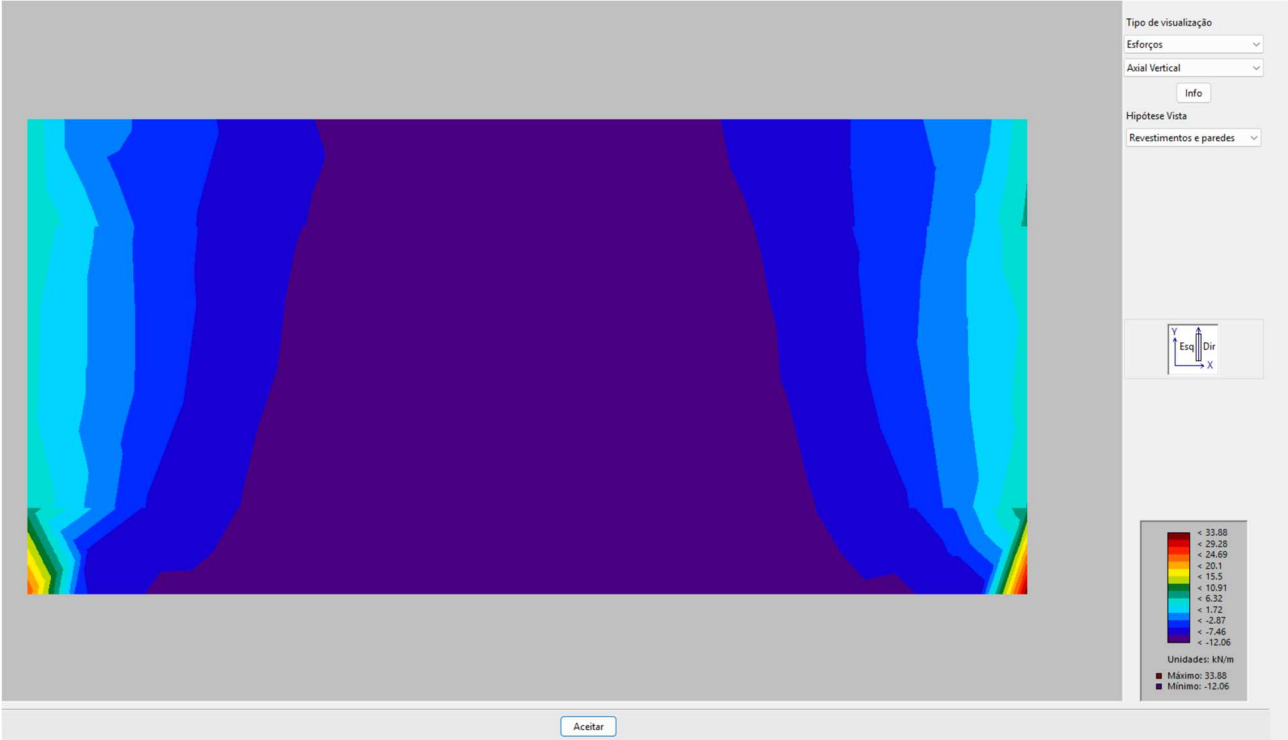


Ilustração 52 Revestimentos e paredes

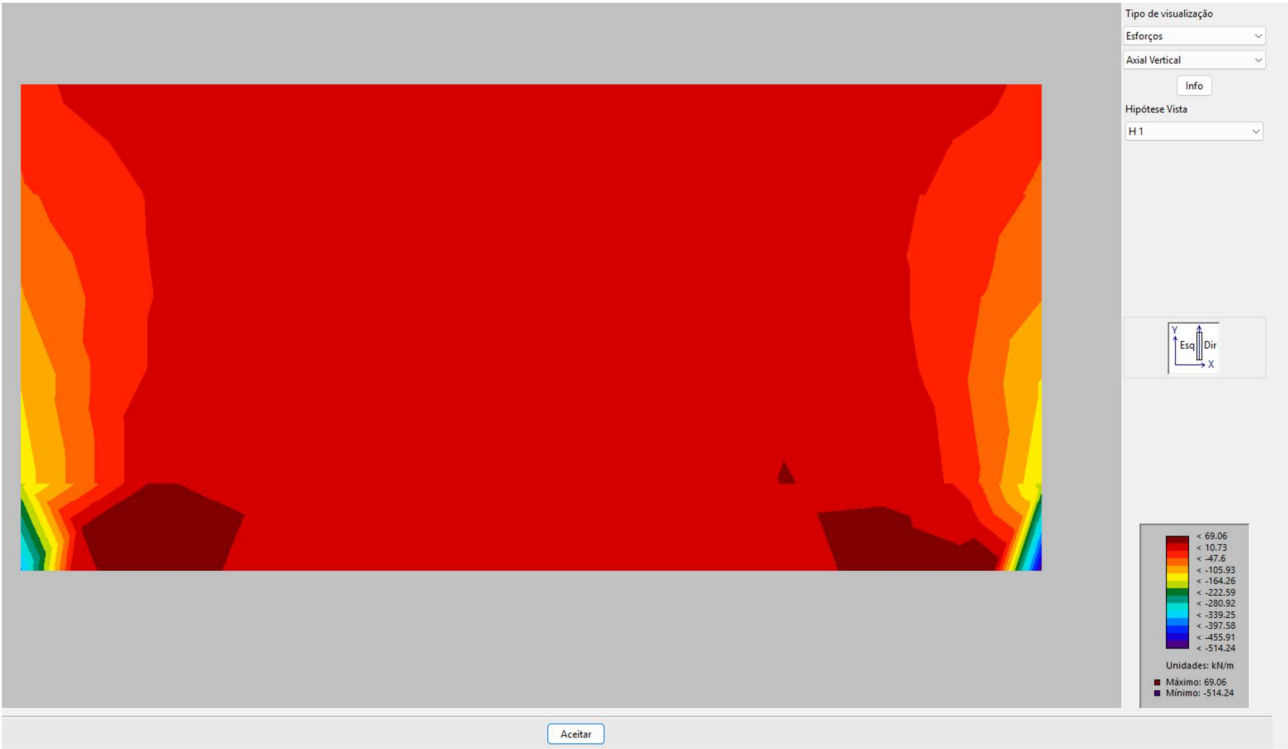


Ilustração 53 Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 44 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

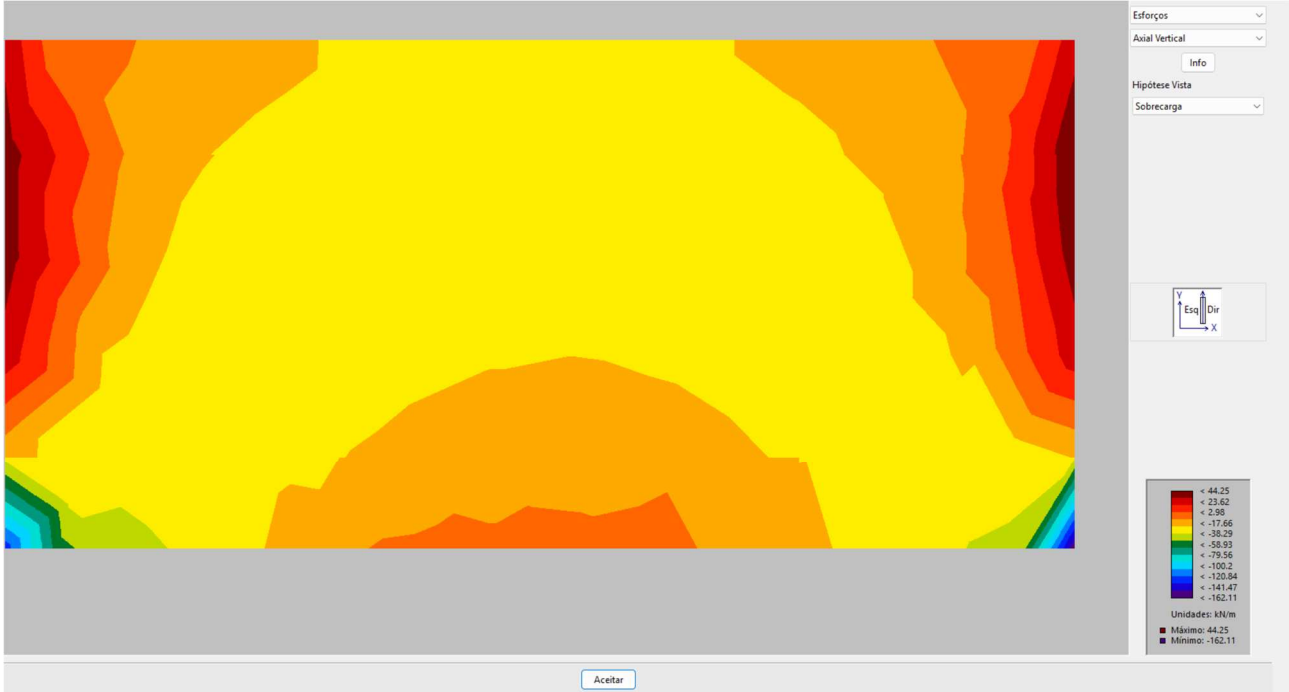


Ilustração 54 Sobrecarga

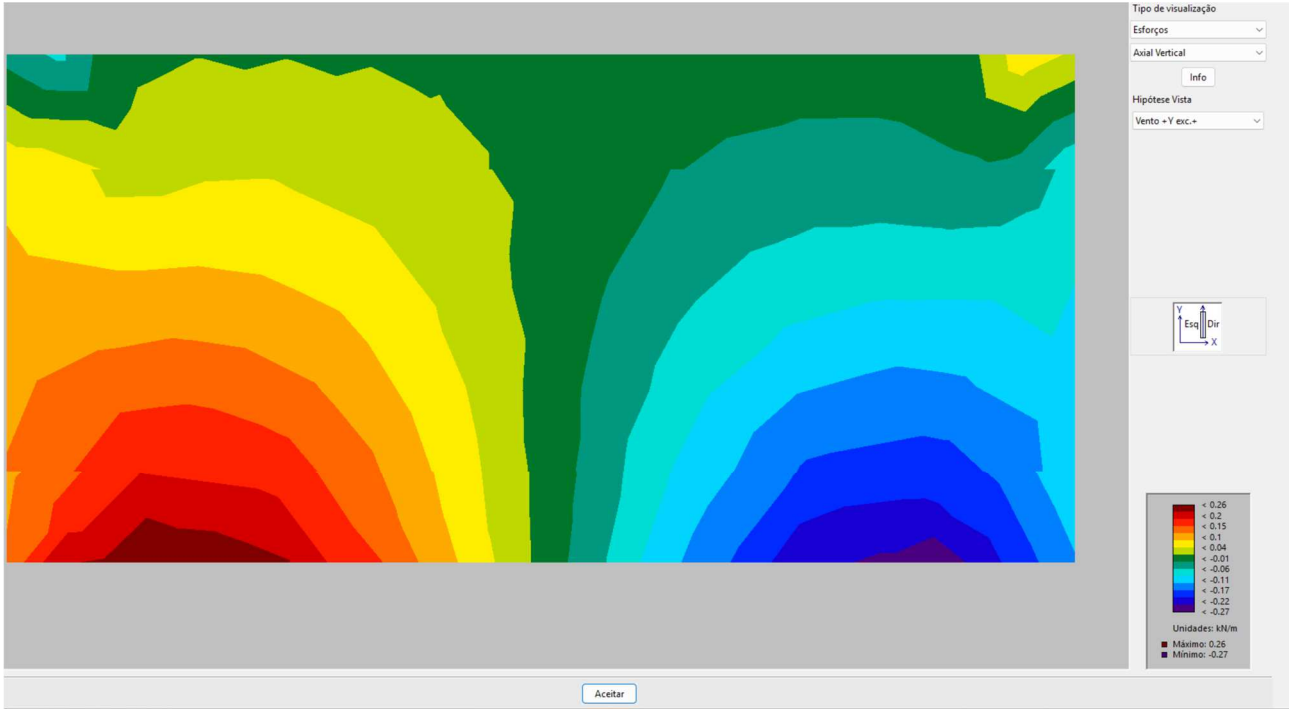


Ilustração 55 Vento

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 45 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

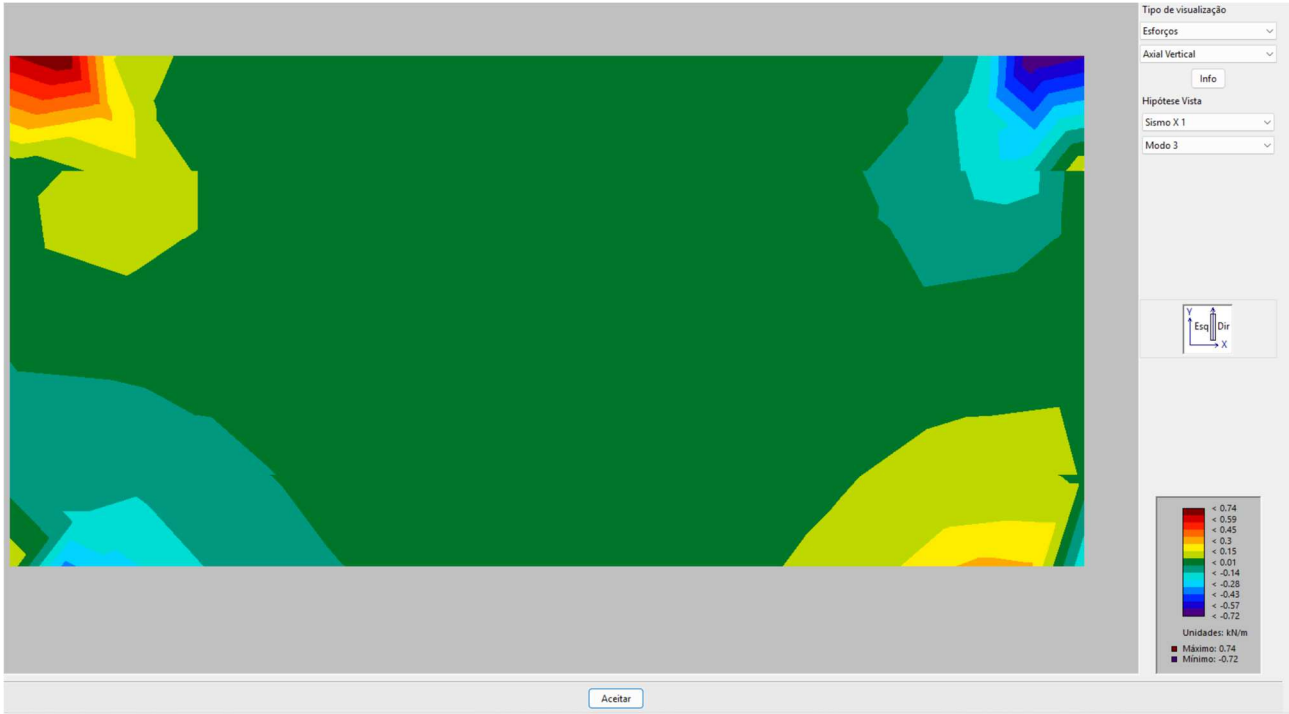


Ilustração 56 Sismo X1 Modo 3

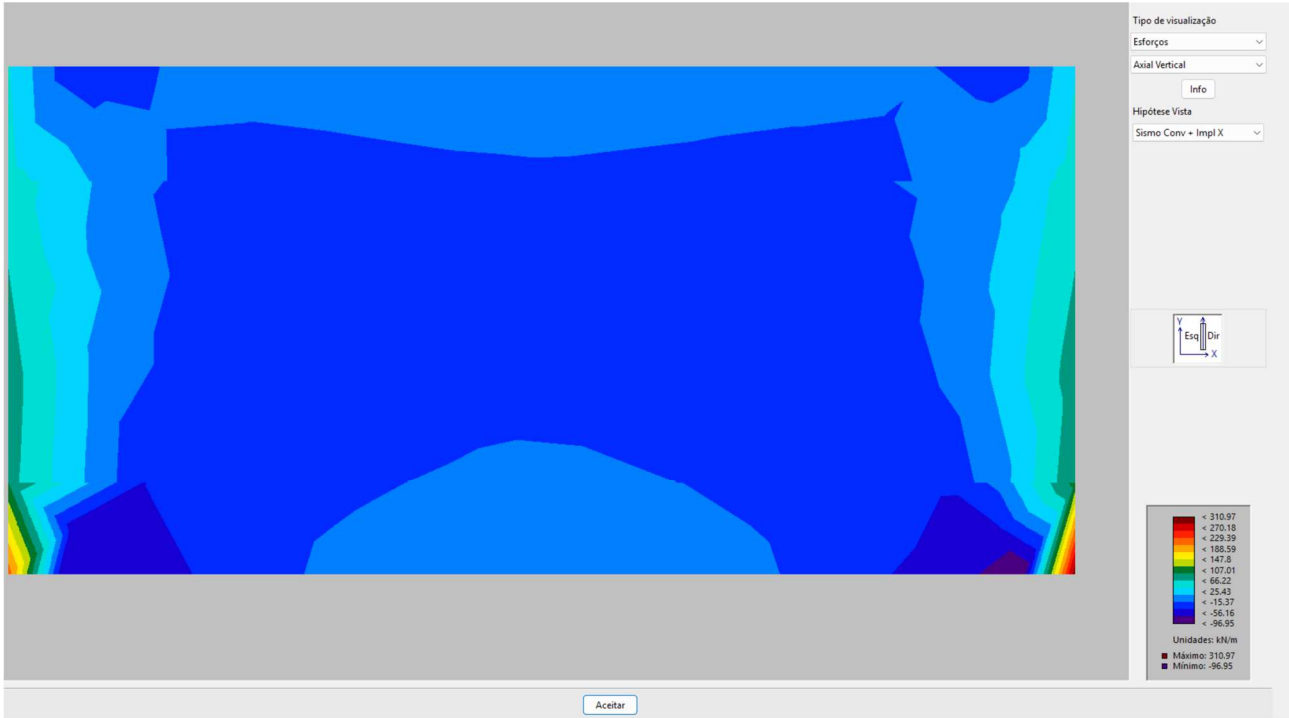


Ilustração 57 Sismo Conv + Impl X

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 46 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Momento vertical

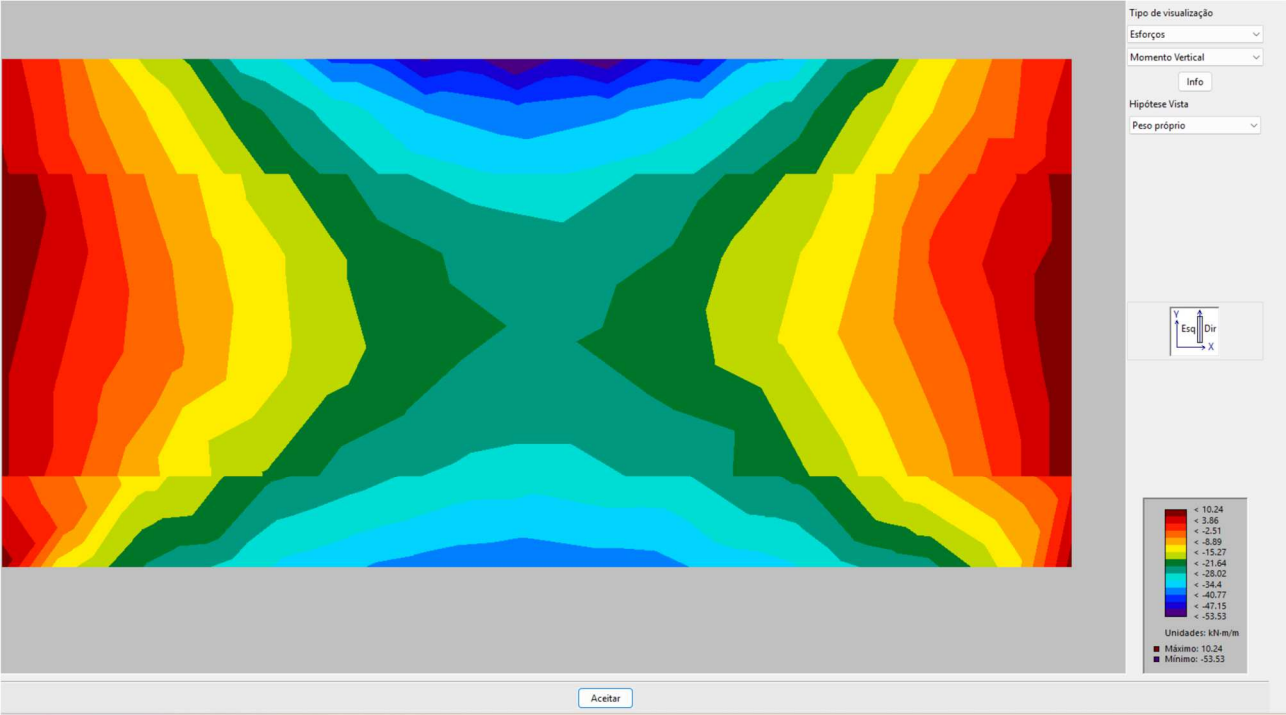


Ilustração 58 Peso próprio

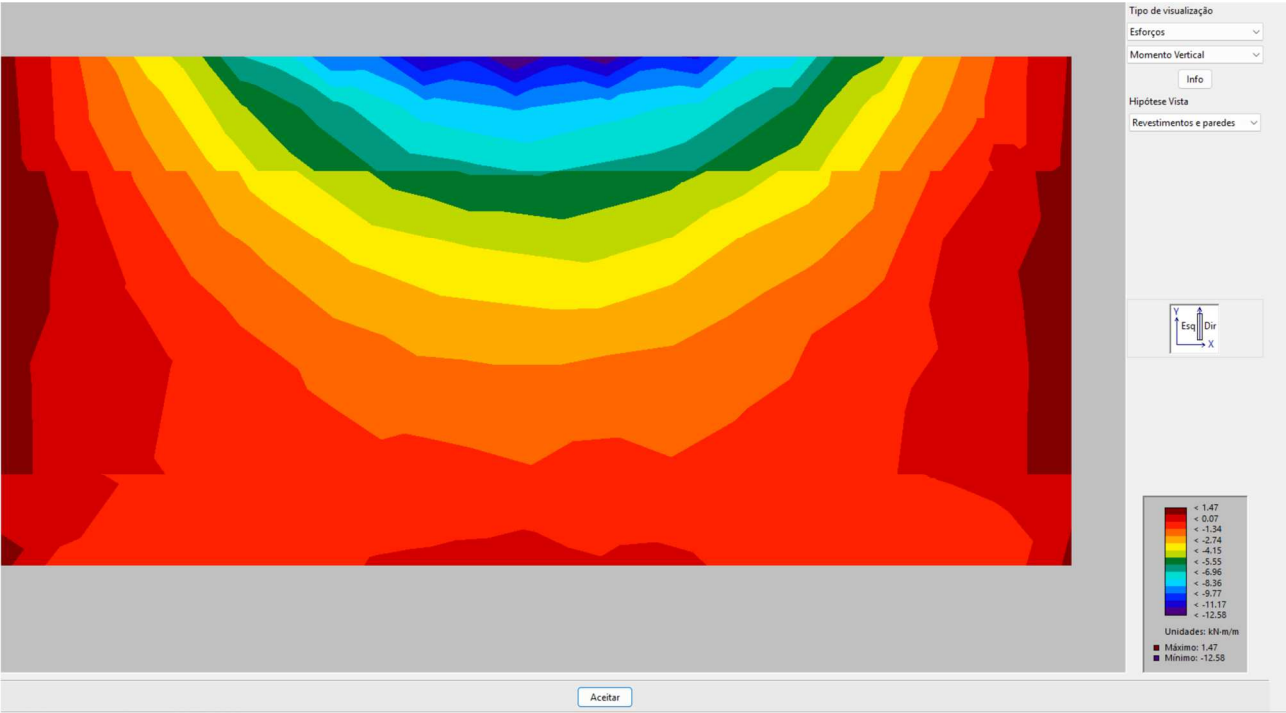


Ilustração 59 Revestimentos e paredes

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 47 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

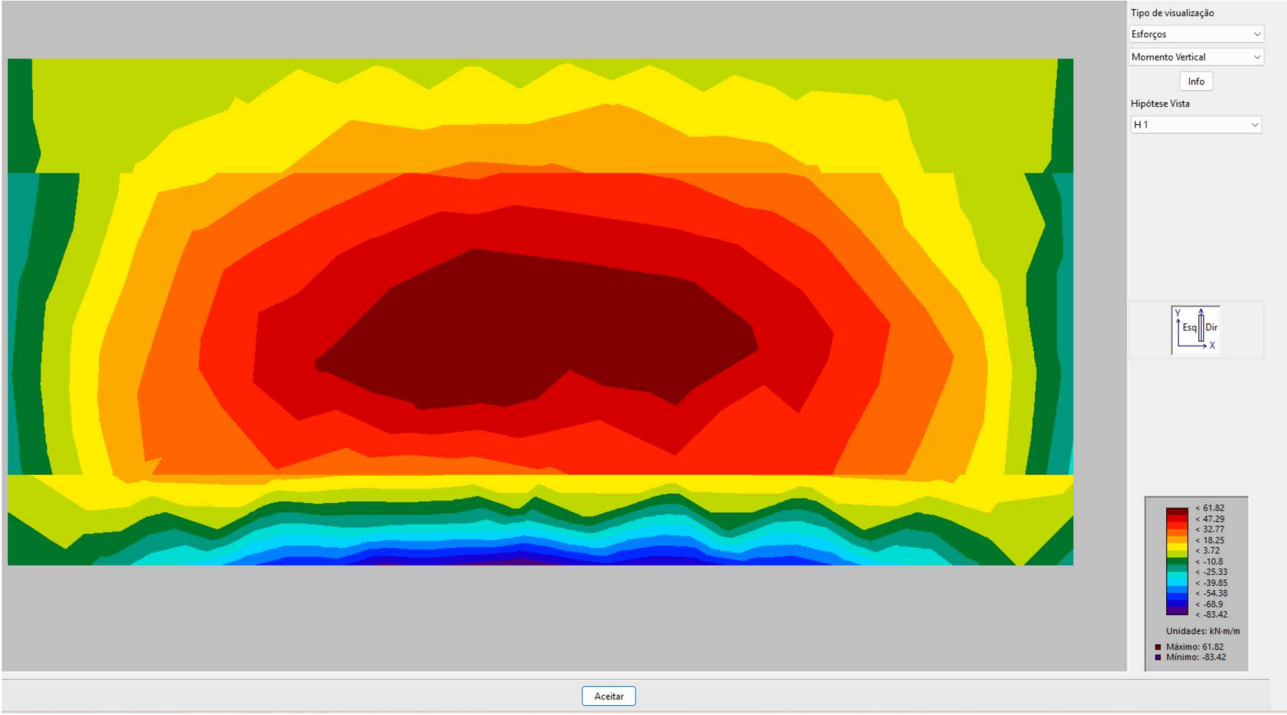


Ilustração 60 Impulsos do terreno

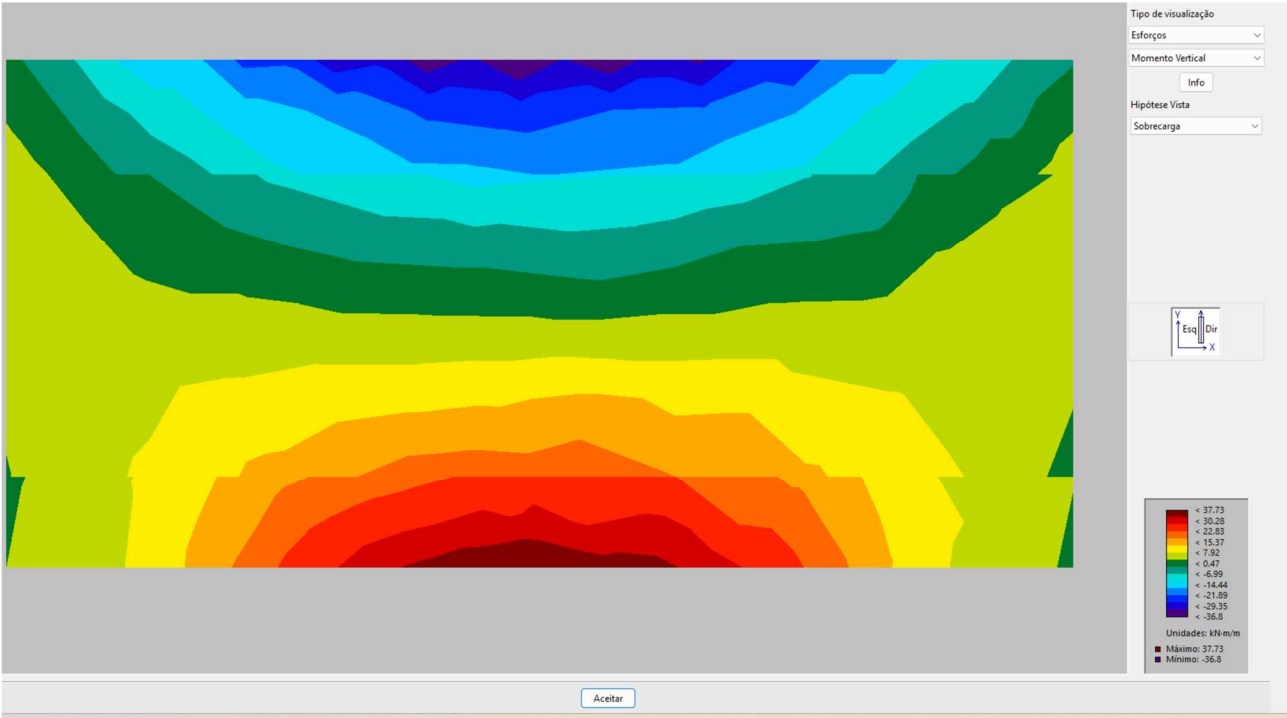


Ilustração 61 Sobrecarga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 48 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

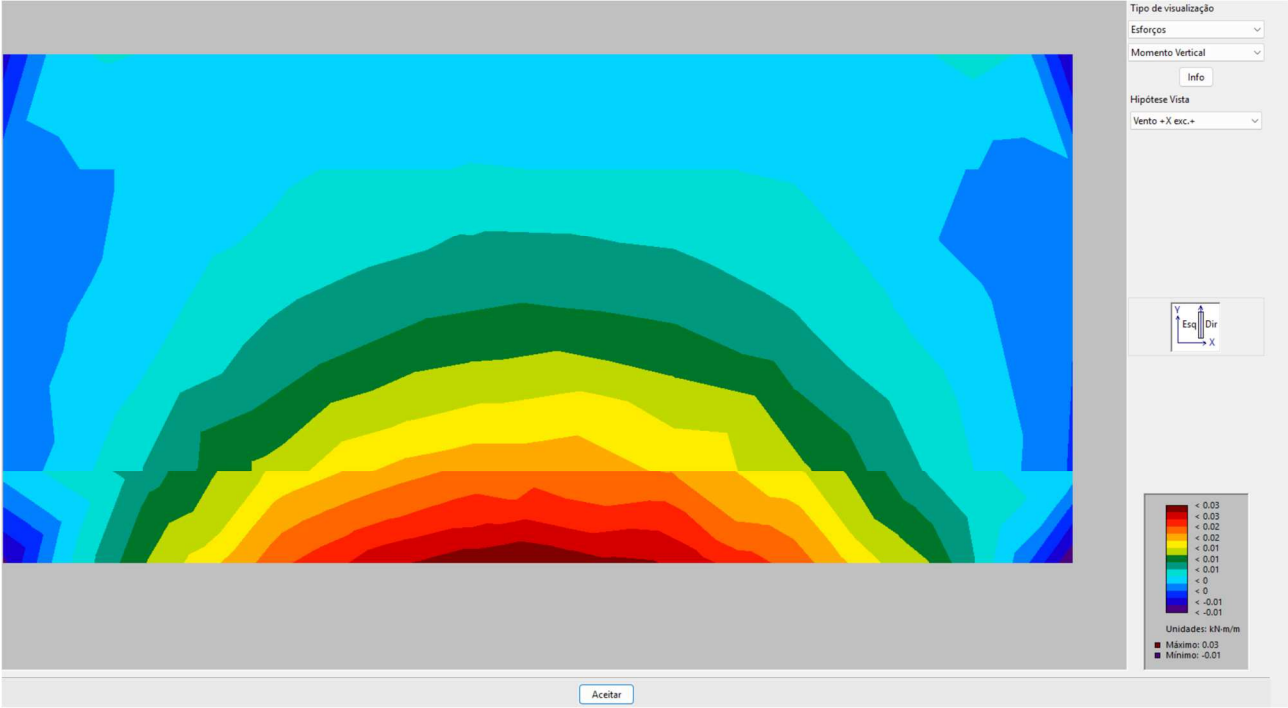


Ilustração 62 Vento

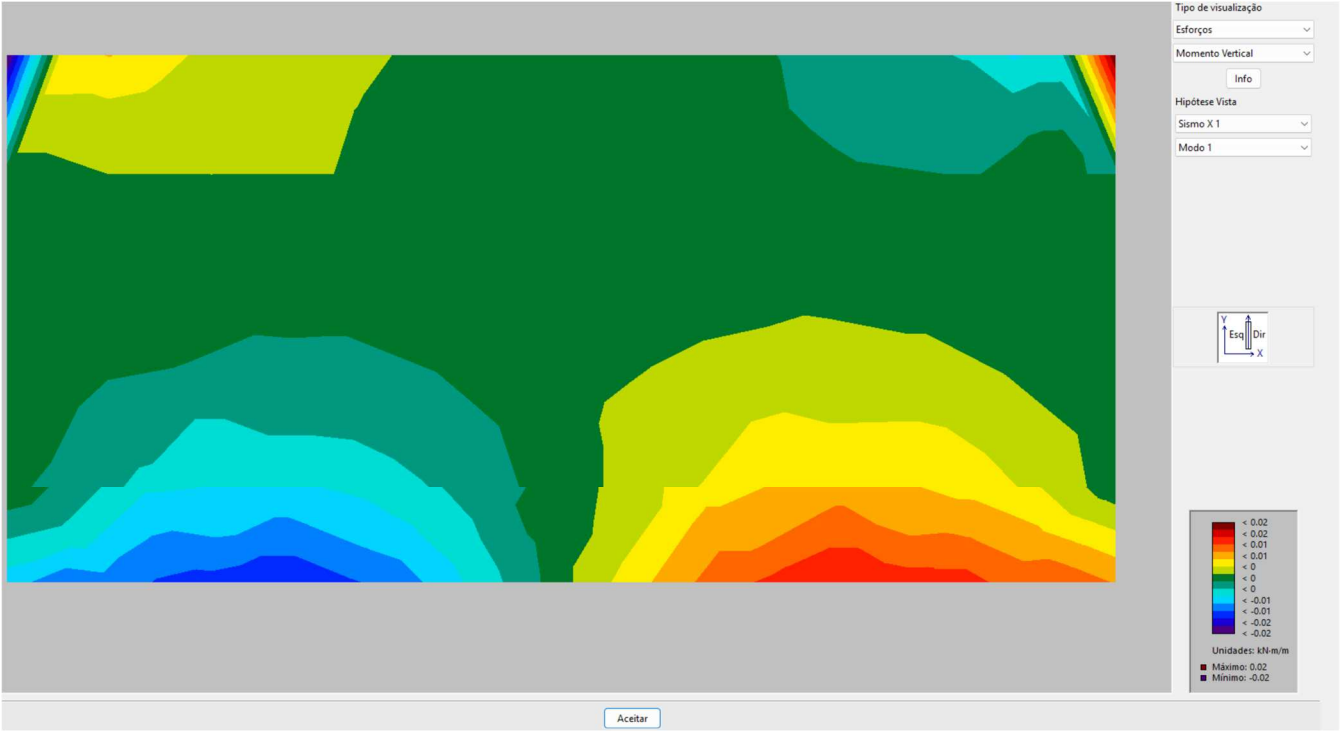


Ilustração 63 Sismo X1 Modo 1

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 49 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

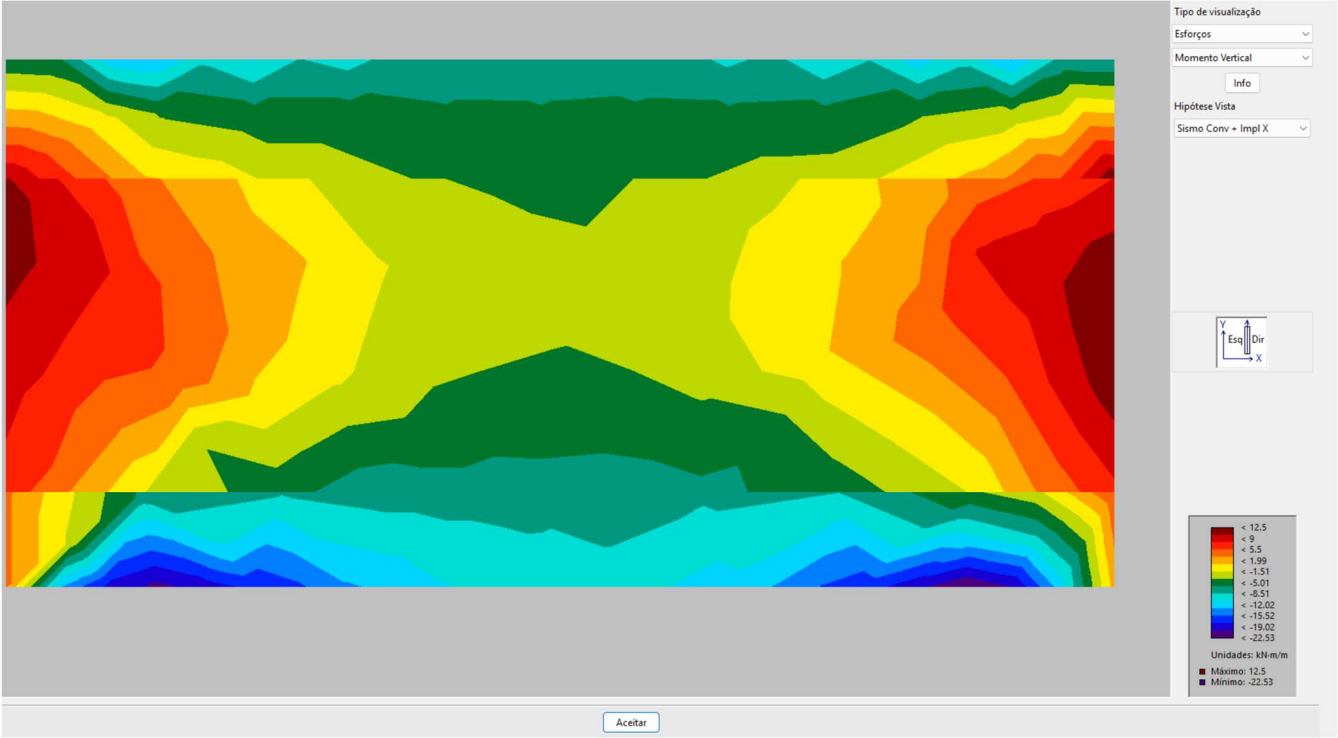


Ilustração 64 Sismo Conv + Impl X

Momento horizontal

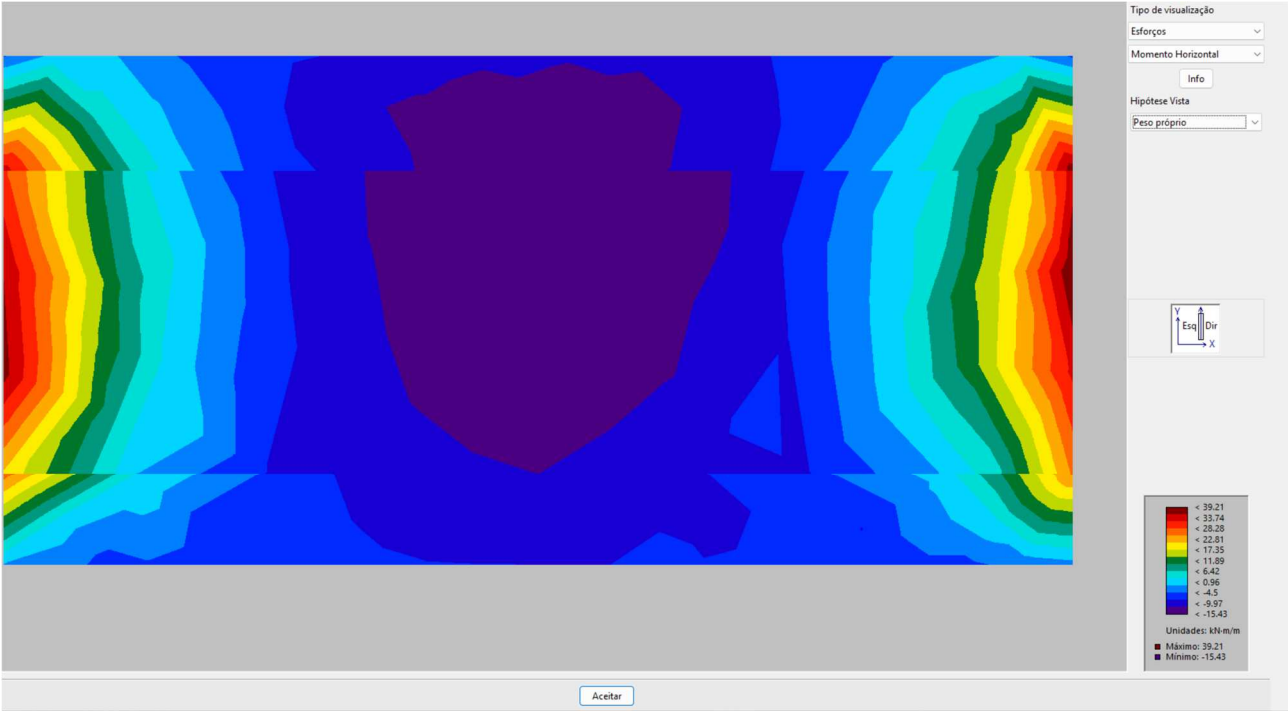


Ilustração 65 Peso próprio

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 50 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

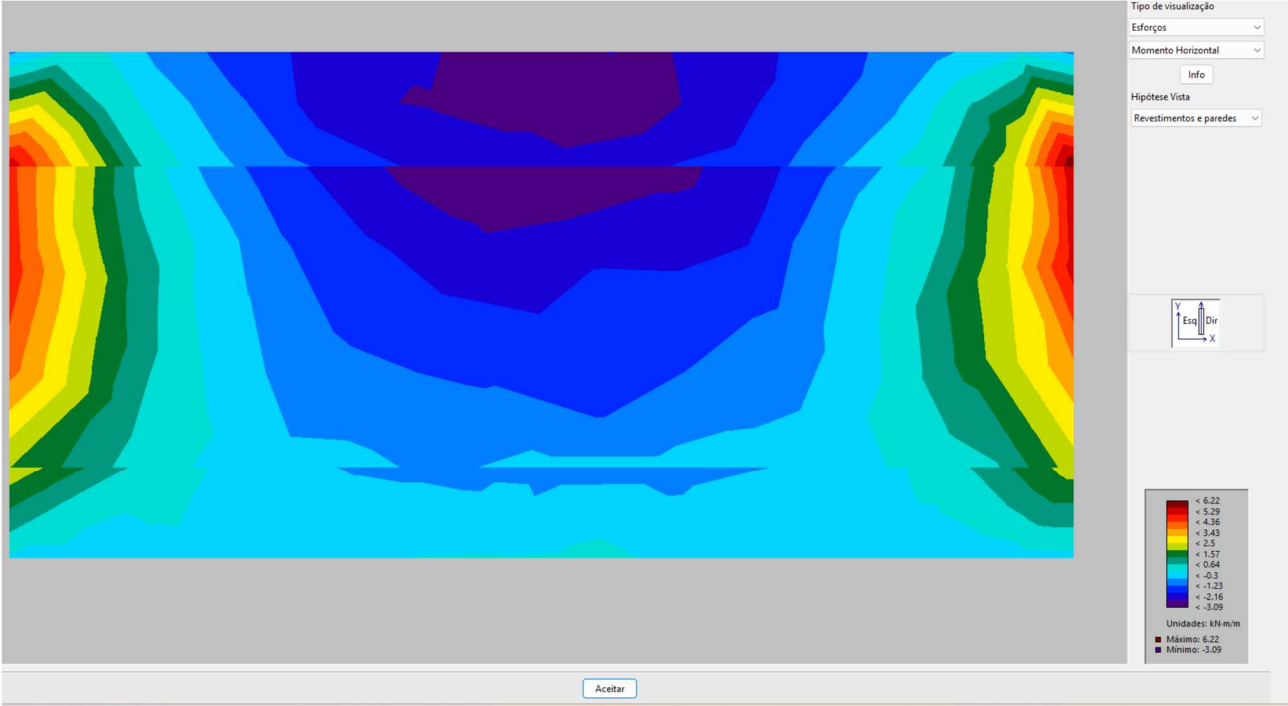


Ilustração 66 Revestimentos e paredes

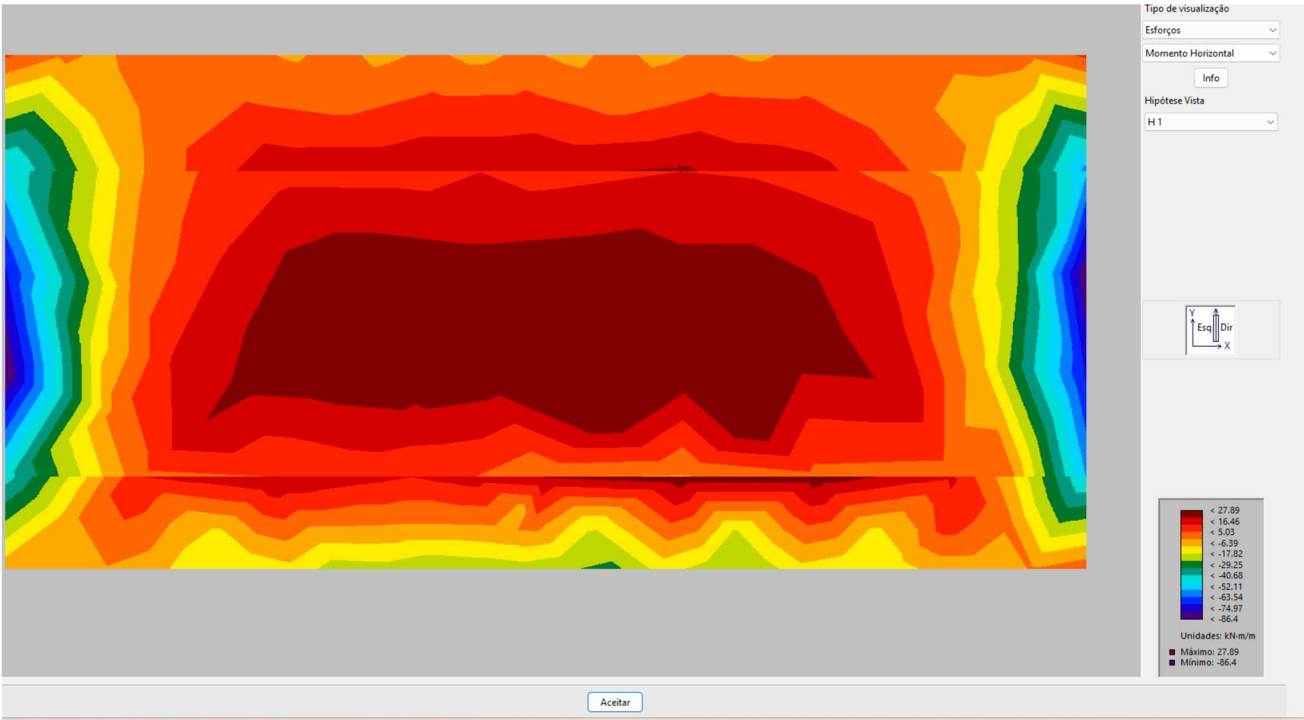


Ilustração 67 Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 51 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

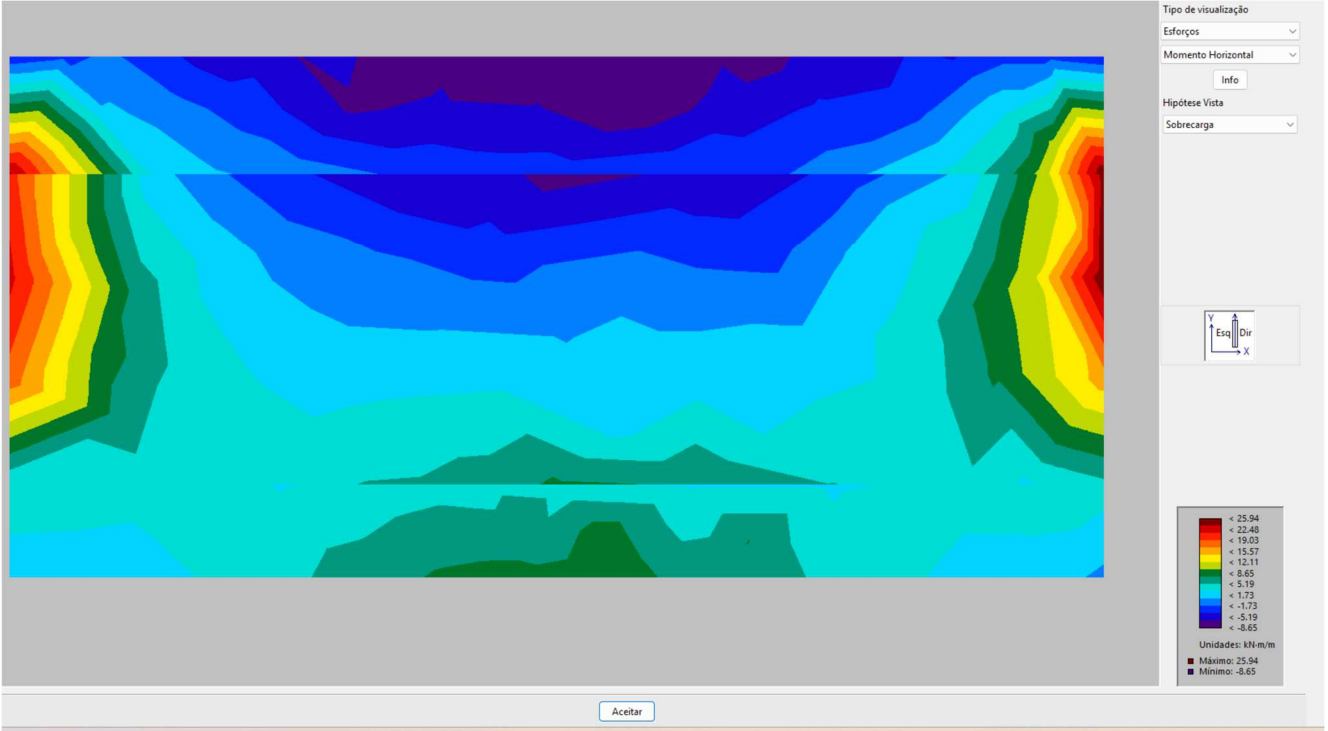


Ilustração 68 Sobrecarga

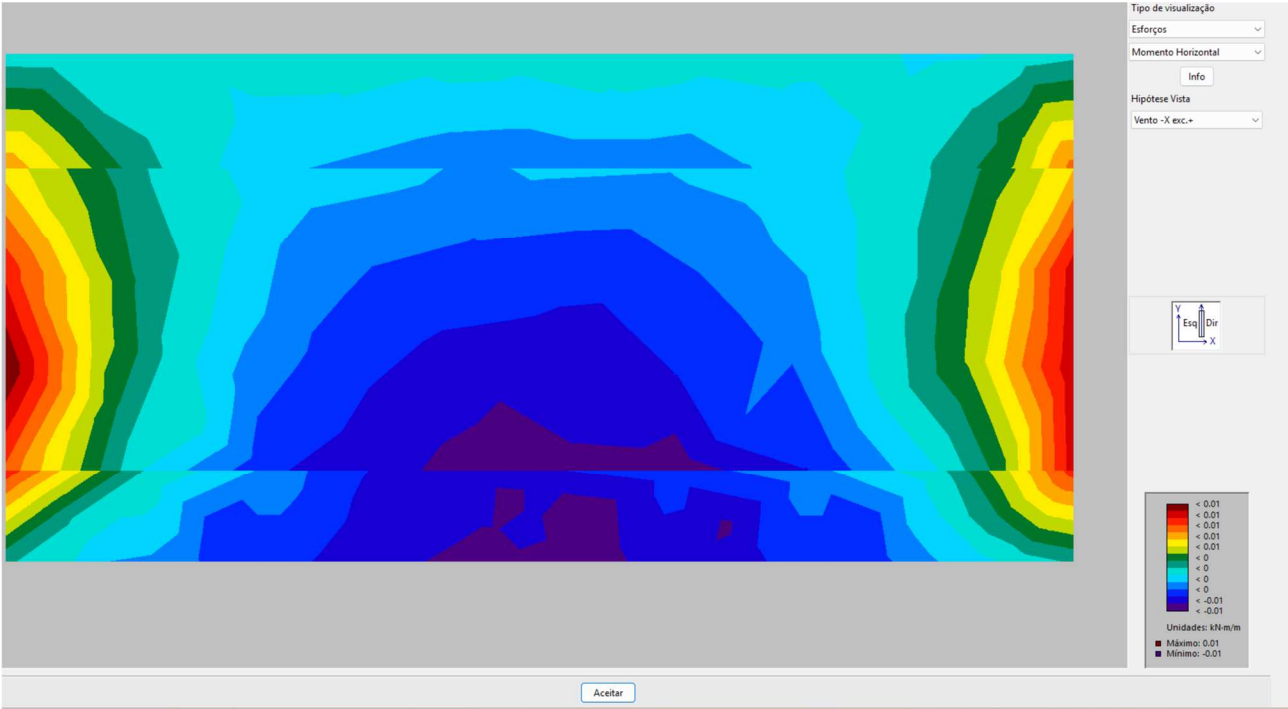


Ilustração 69 Vento

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 52 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

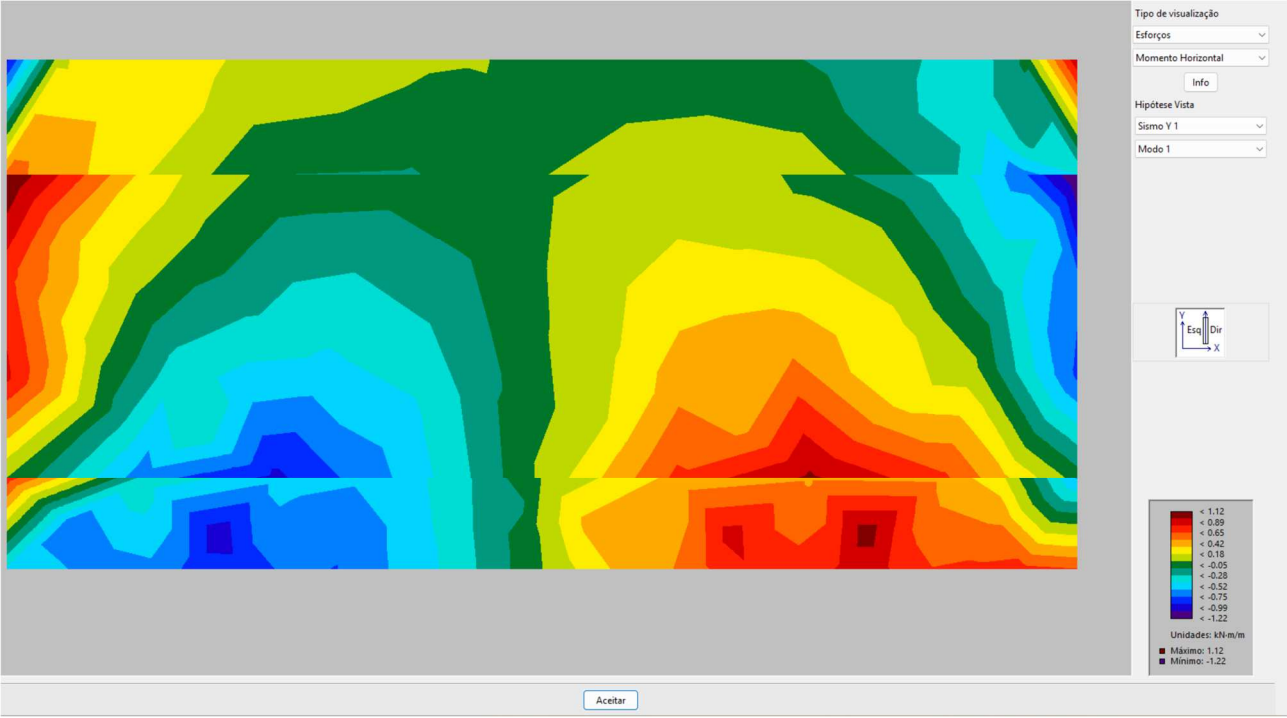


Ilustração 70 Sismo Y1 Modo 1

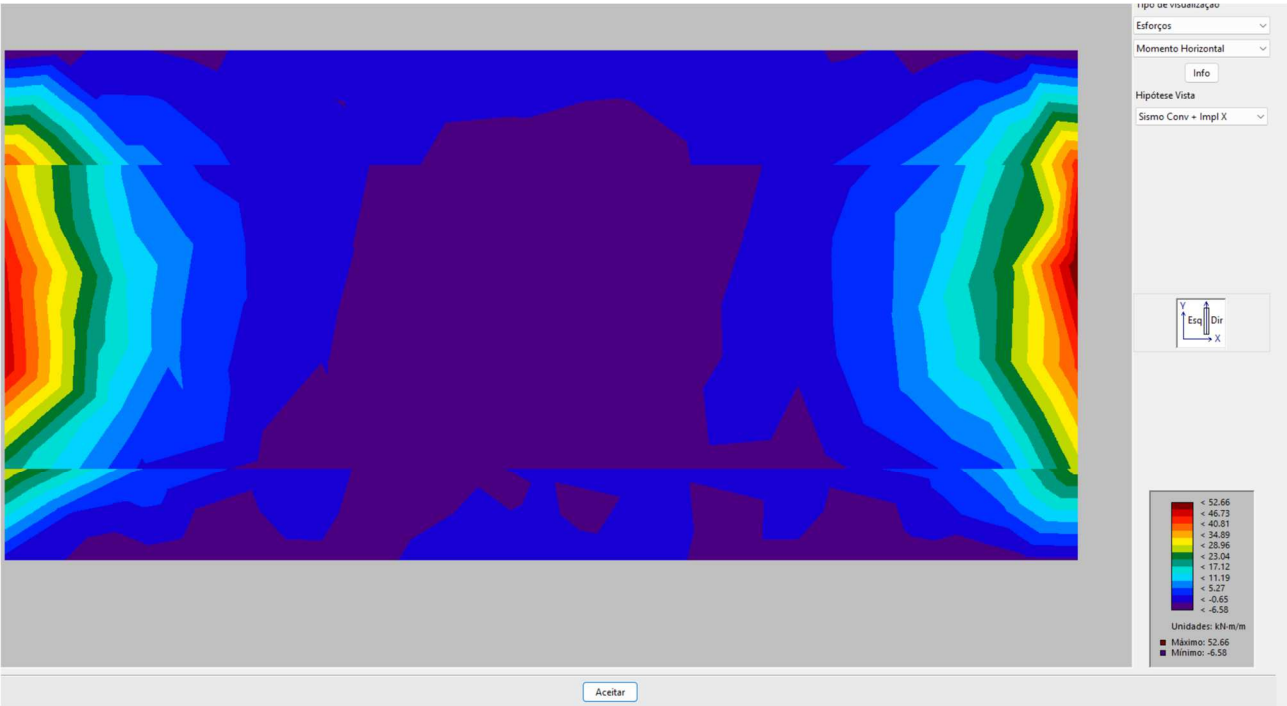


Ilustração 71 Sismo Conv + Impl X

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 53 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.7.2.1. Listagem de armadura o factor de cumprimento

Referência: M5						
sectores do muro	Espessuras	Arm.ver	Arm.hor	Arm.Trans	F.C.	Estado
Fundação - +14.65	0.25 m	Ø20a/25 cm	Ø20a/10 cm	1 Ø10a/20 cm V	100 %	---
	0.25 m	Ø20a/25 cm	Ø20a/10 cm	25 cm H		
+14.65 - +17.70	0.25 m	Ø20a/25 cm	Ø20a/10 cm	1 Ø10a/20 cm V	100 %	---
	0.25 m	Ø20a/25 cm	Ø20a/10 cm	25 cm H		

Para cada piso a linha superior faz referência ao lado esquerdo da parede e a inferior ao lado direito.

F.C. = O factor de cumprimento indica a percentagem da área para a qual a armadura e espessura de betão são suficientes.

Listagem de desfavoráveis

Referência: M5										
Sector	Estado	Aproveitamento (%)	Esforços							
			Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Fundação - +14.65	Arm. vert. dir.	3.66	266.22	-23.05	-403.71	0.00	-14.33	-6.00	---	---
	Arm. horz. dir.	0.76	-772.91	-145.06	982.61	82.13	42.73	-40.55	---	---
	Arm. vert. esq.	52.79	314.72	39.75	-172.09	-67.68	-8.55	0.34	---	---
	Arm. horz. esq.	23.86	-772.91	-145.06	982.61	-19.32	42.73	-40.55	---	---
	Betão	8.63	-865.13	-157.34	992.44	-21.63	45.74	-42.01	---	---
	Arm. transve.	5.27	-865.13	-157.34	992.44	---	---	---	-130.78	23.00
+14.65 - +17.70	Arm. vert. dir.	1.28	1392.42	-527.37	384.85	0.00	-9.05	10.32	---	---
	Arm. horz. dir.	1.57	-484.30	-134.63	1141.04	12.11	-11.60	15.56	---	---
	Arm. vert. esq.	1.64	1392.42	-527.37	384.85	-53.73	-9.05	10.32	---	---
	Arm. horz. esq.	0.75	-484.30	-134.63	1141.04	-12.11	-11.60	15.56	---	---
	Betão	4.06	-504.06	-9.06	962.40	-12.60	5.67	7.12	---	---
	Arm. transve.	1.89	-504.06	-9.06	962.40	---	---	---	-35.89	58.37

Aproveitamento: Nível de tensões (relação entre a tensão máxima e a admissível). Equivale ao inverso do coeficiente de segurança.

Nx : Axial vertical (kN/m).

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 54 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Ny : Axial horizontal (kN/m).

Nxy: Axial tangencial (kN/m).

Mx : Momento vertical (em torno do eixo horizontal) (kN·m/m).

My : Momento horizontal (em torno do eixo vertical) (kN·m/m).

Mxy: Momento torsor (kN·m/m).

Qx : Transverso transversal vertical (kN/m).

Qy : Transverso transversal horizontal (kN/m).

4.5.7.3. Laje superior com 35 centímetros de altura à cota 17,70

Acções sobre a laje

Peso próprio 6.25 kN/m²

Revestimentos e paredes 2.5 kN/m²

Sobrecarga do equipamento 1 kN/m²

Foi previsto um reforço de base de 16/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.

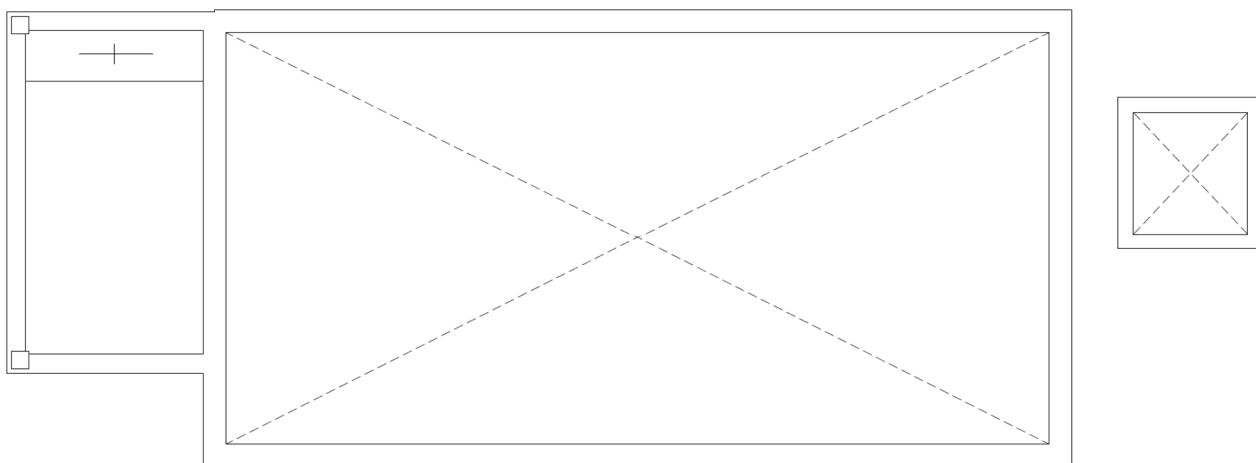
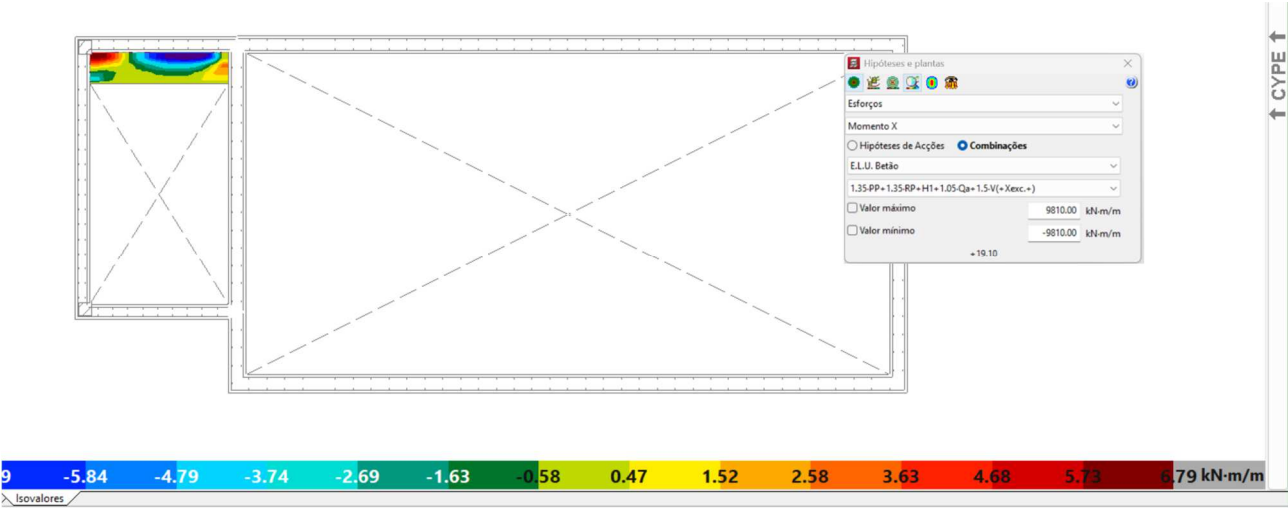
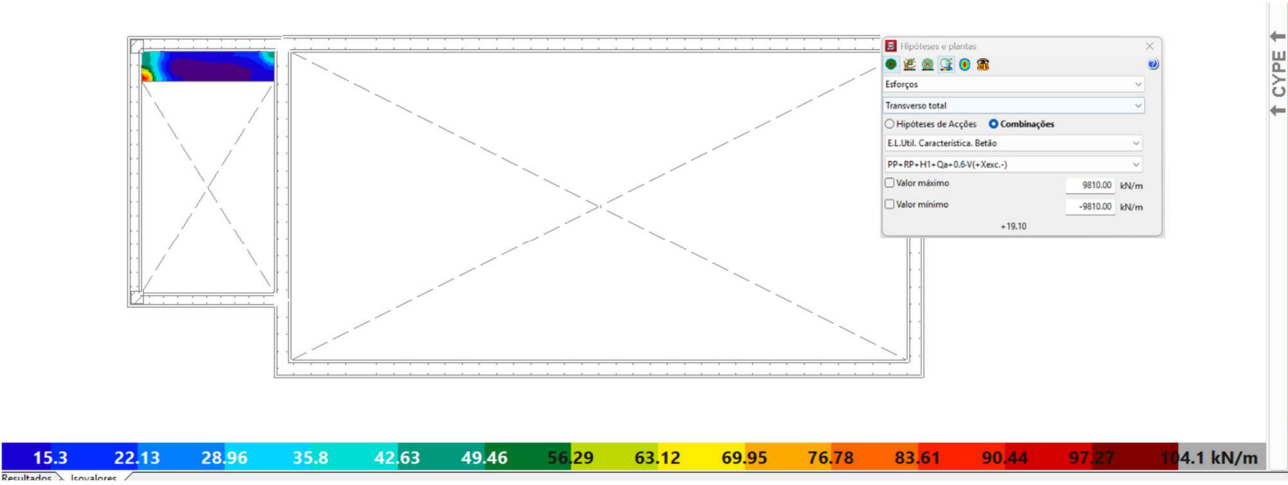
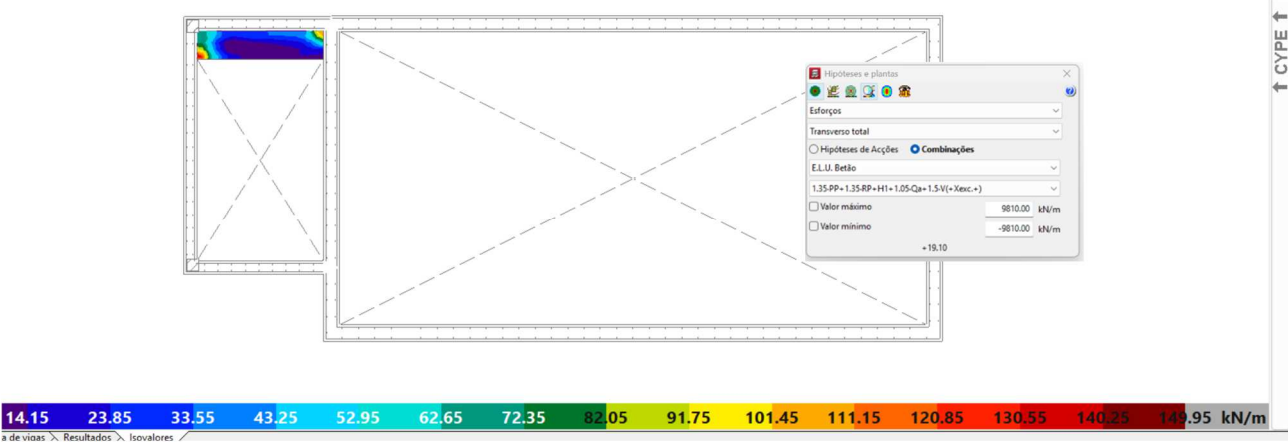


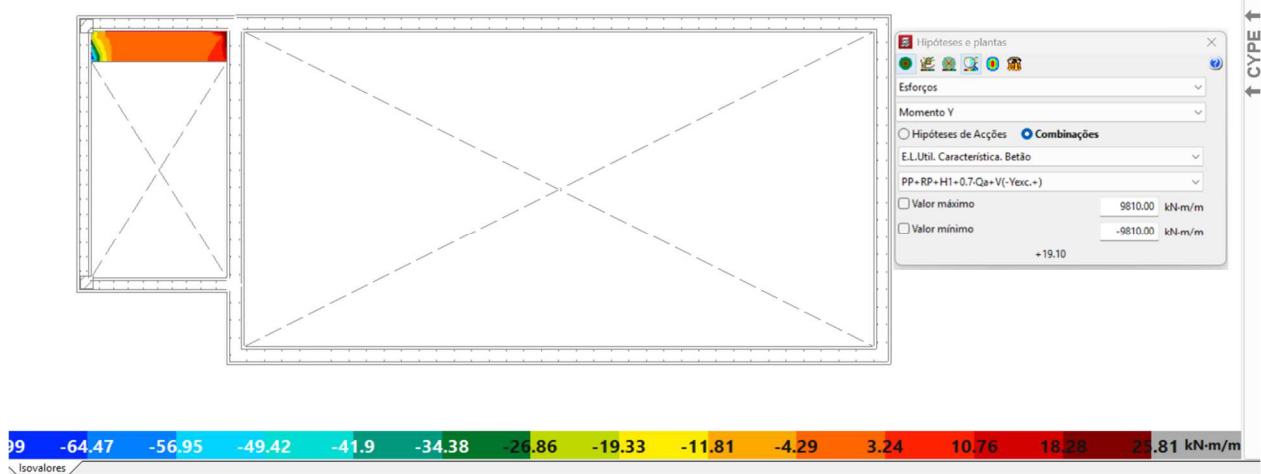
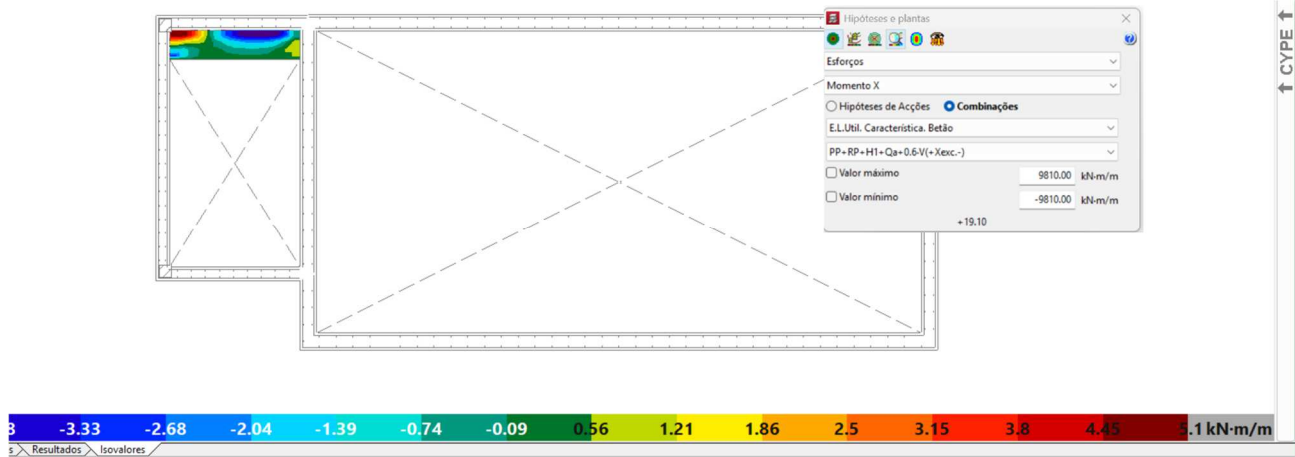
Ilustração 72 Elevação da laje 17,70

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 55 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

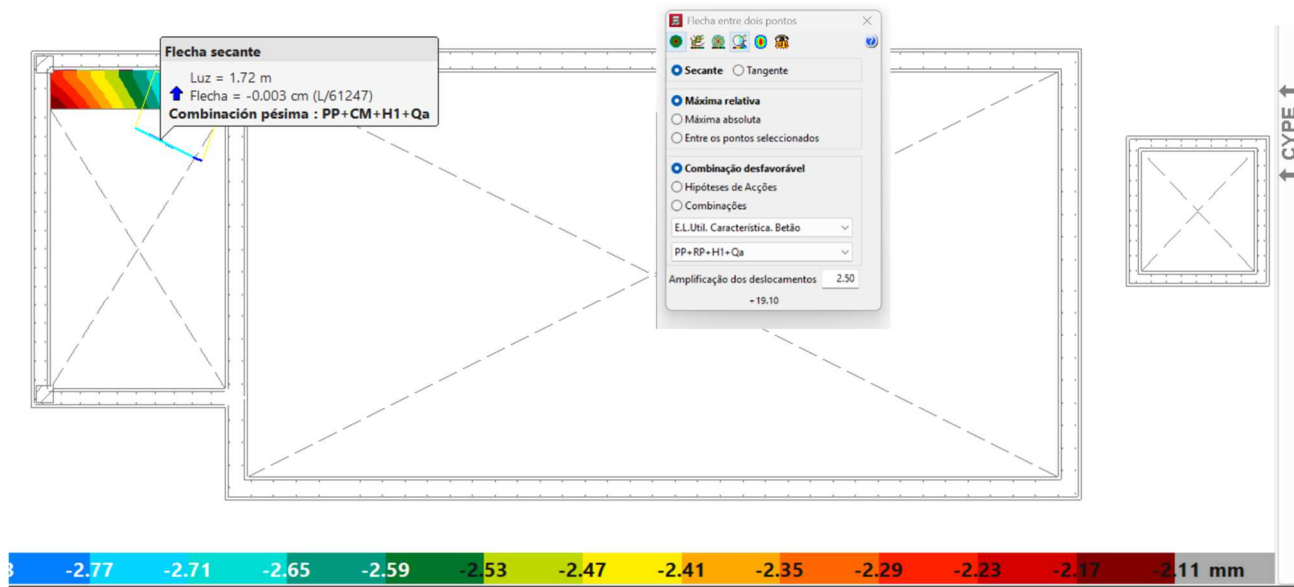
4.5.7.3.1. Esforços de dimensionamento



Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	56 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

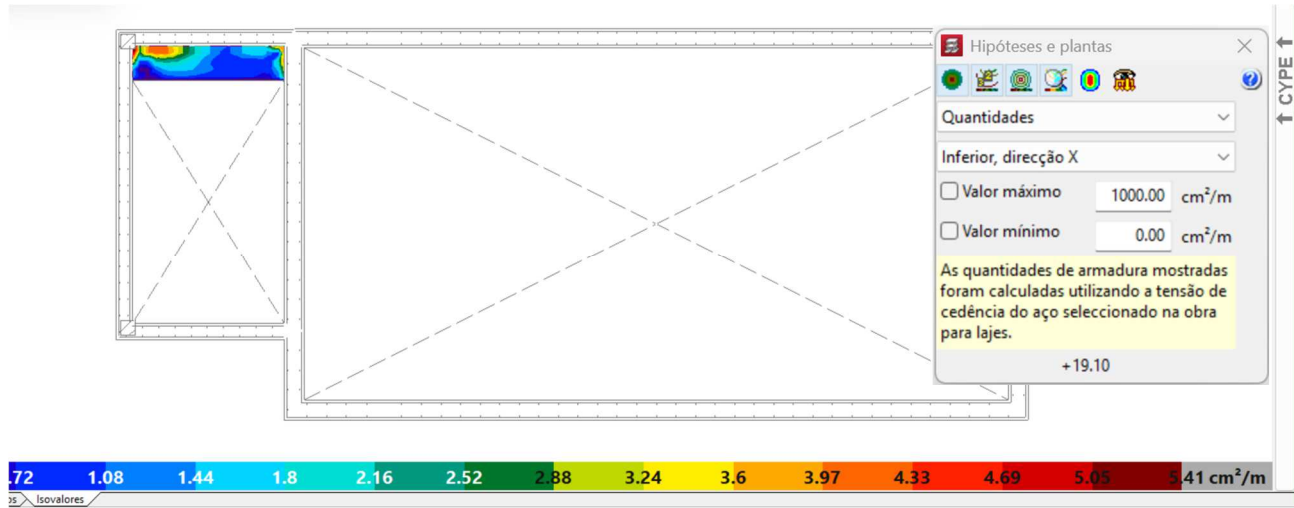


Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 57 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

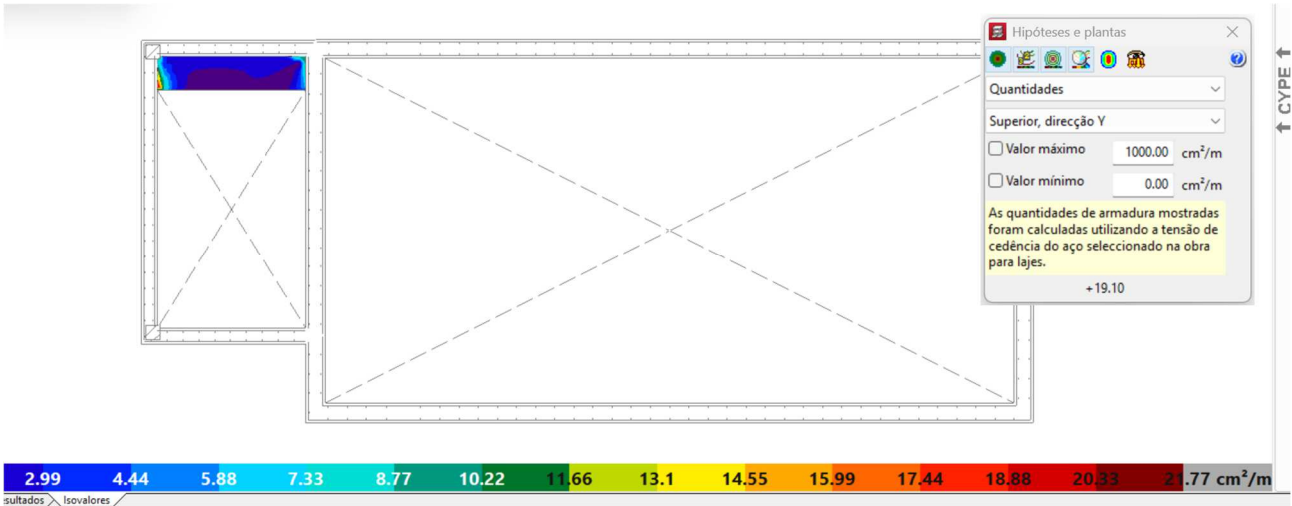
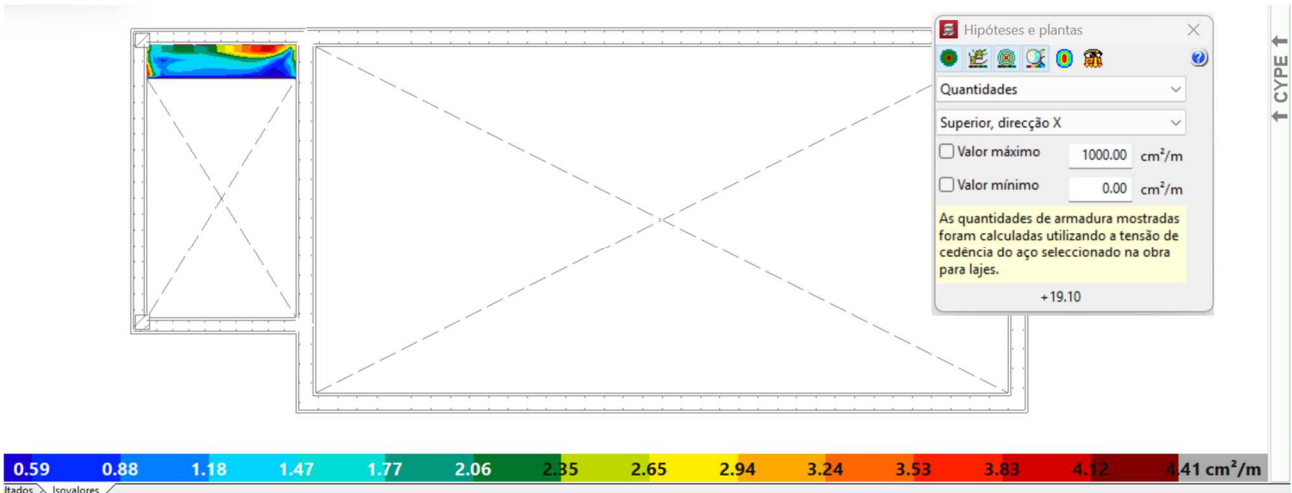
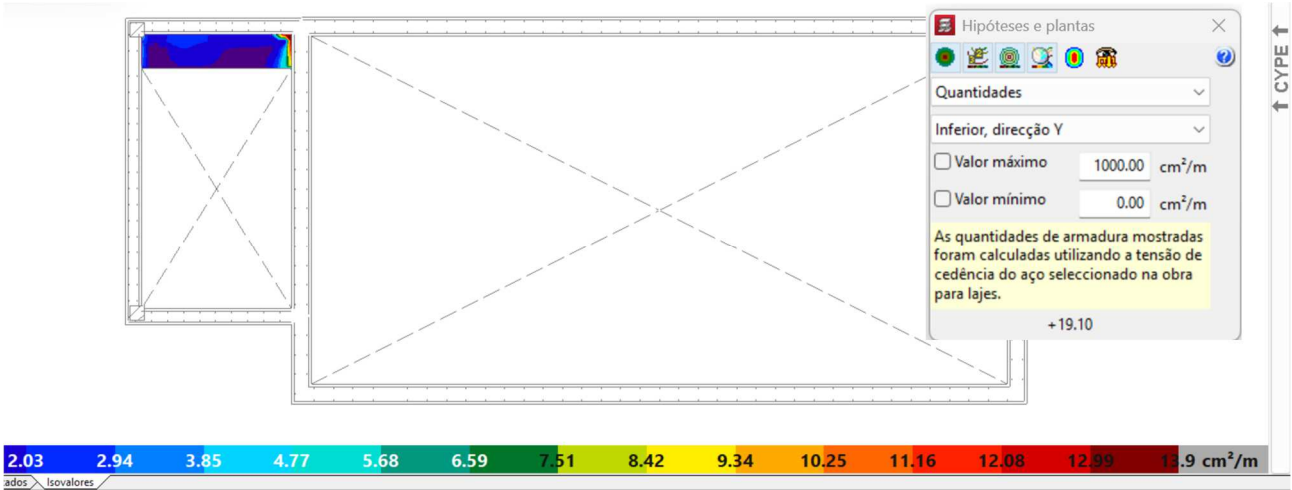


4.5.7.4. Armadura

Foi previsto um reforço de base de 16/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 58 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 59 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.7.5. Laje superior com 35 centímetros de altura à cota 21,00

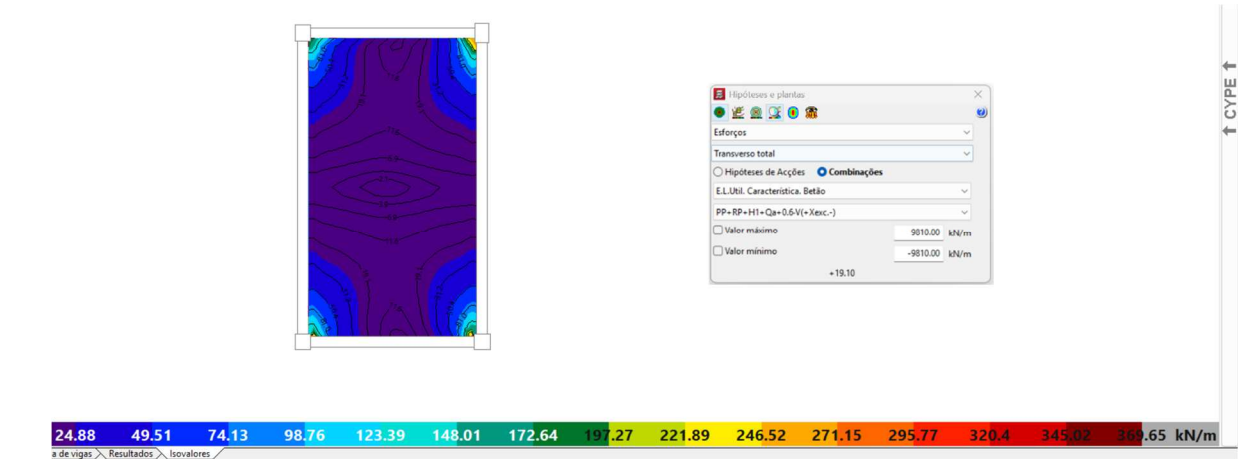
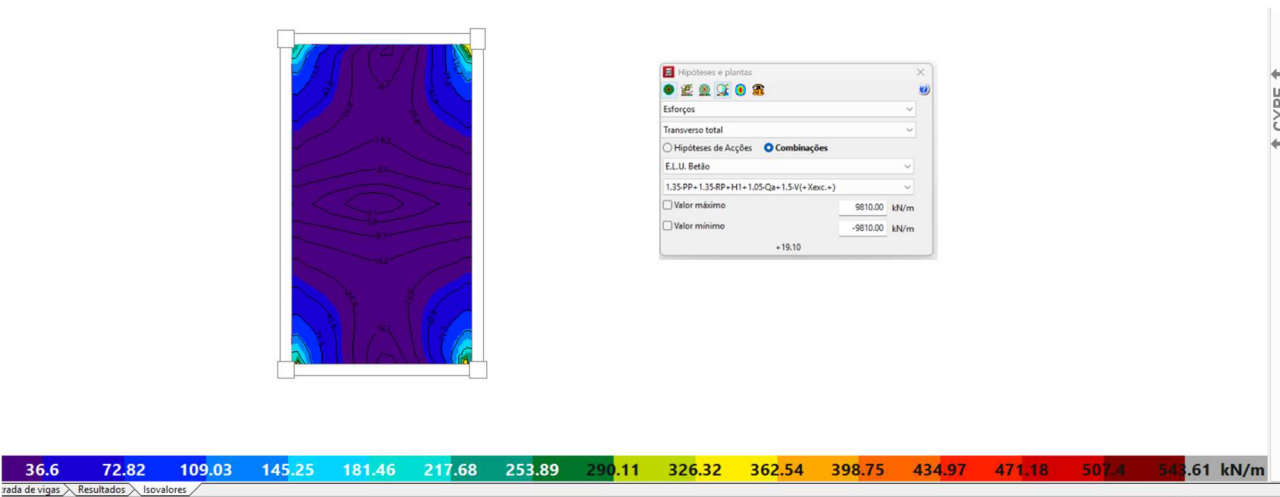
Acções sobre a laje

Peso próprio 6.25 kN/m²

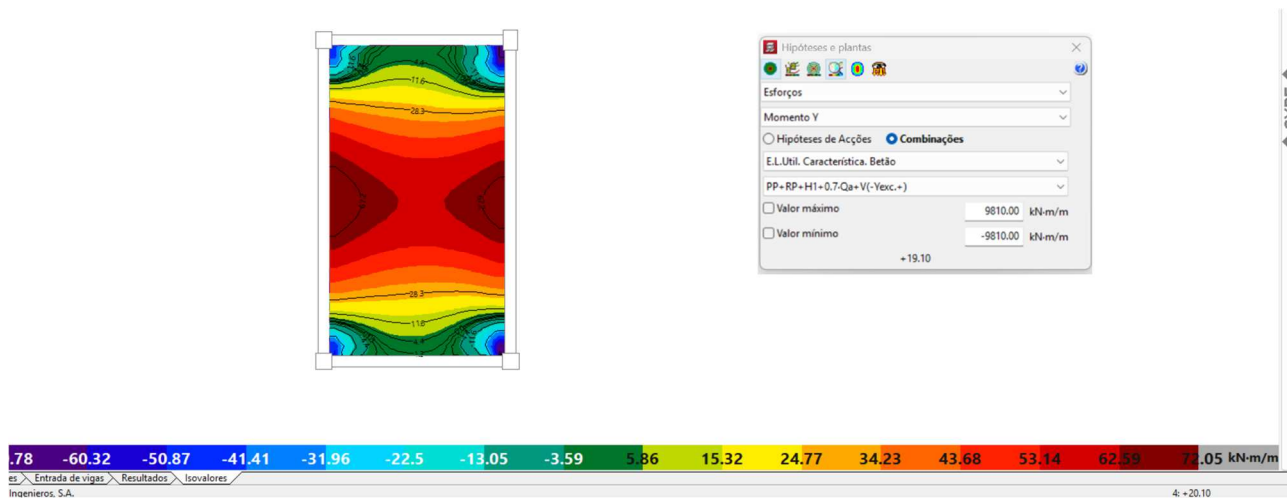
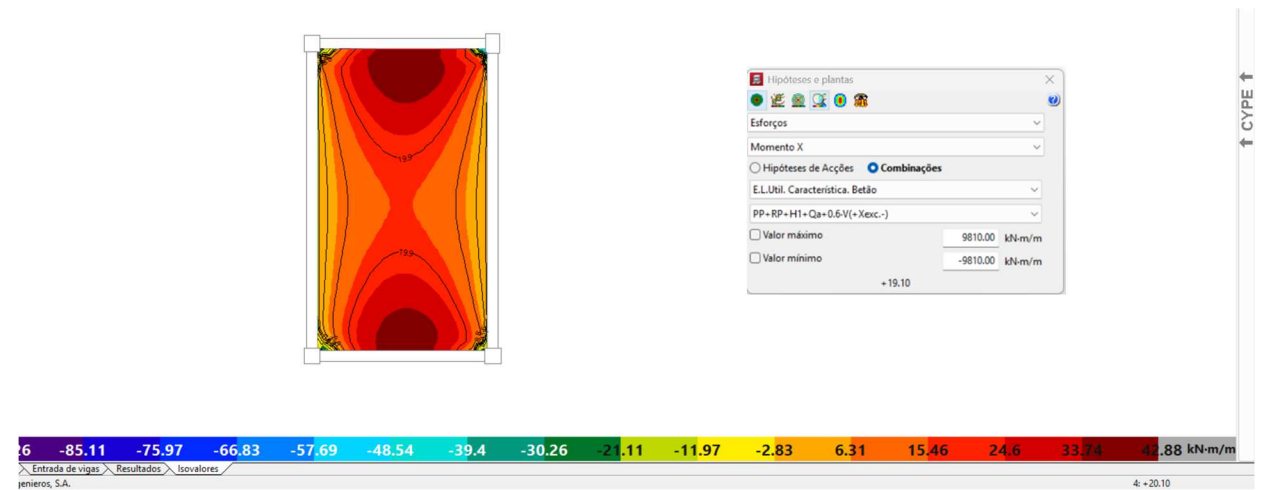
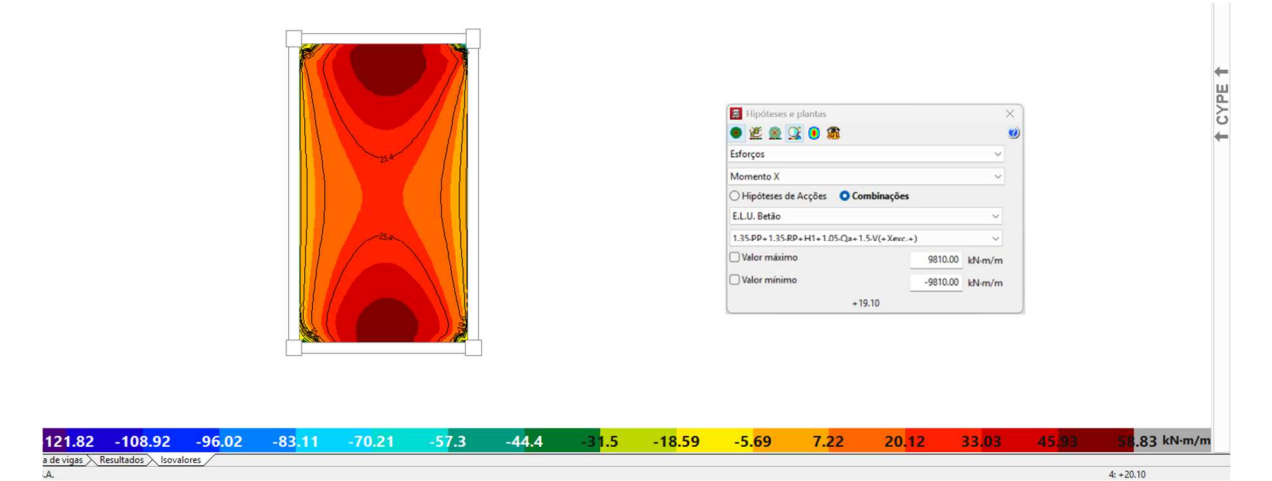
Sobrecarga 1.5 kN/m²

Foi previsto um reforço de base de 20/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.

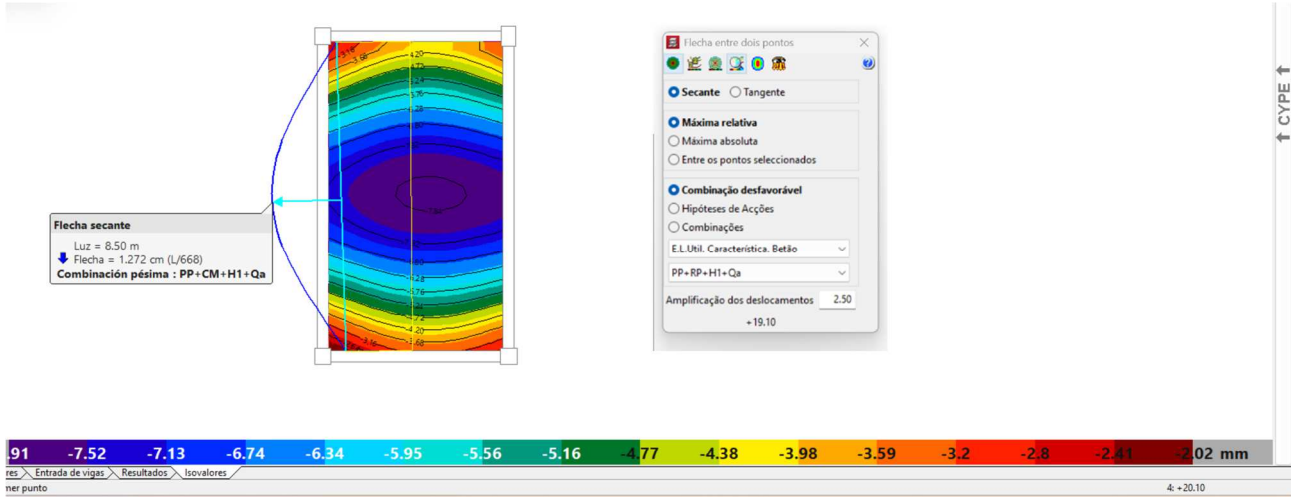
4.5.7.5.1. Esforços de dimensionamento



Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	60 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

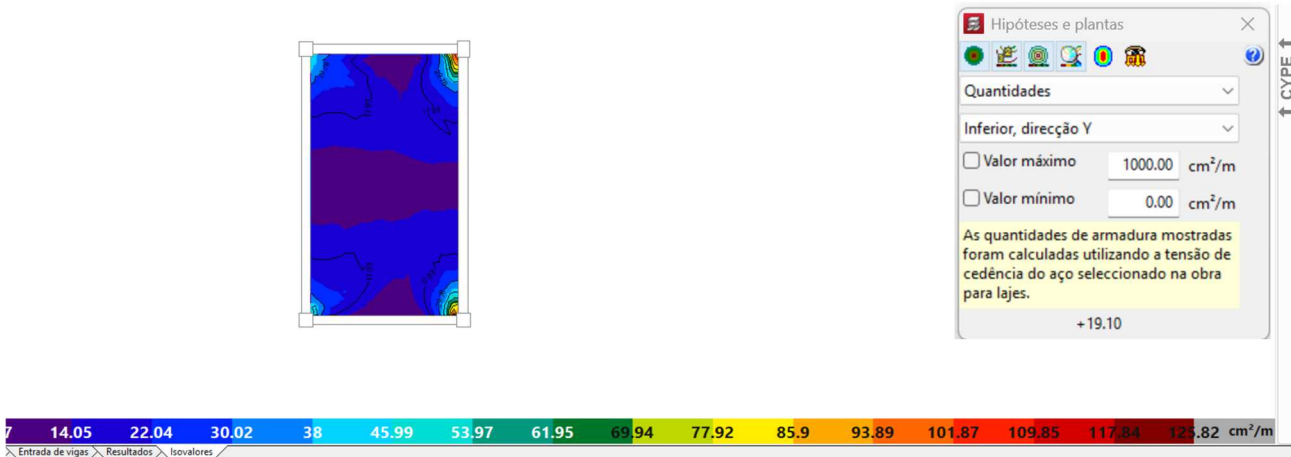
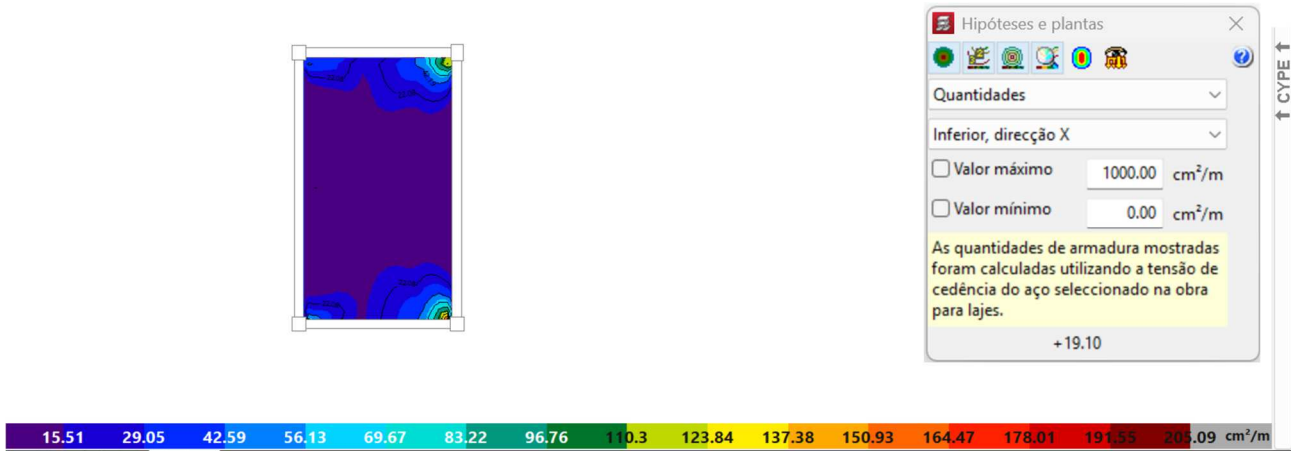


Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 61 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

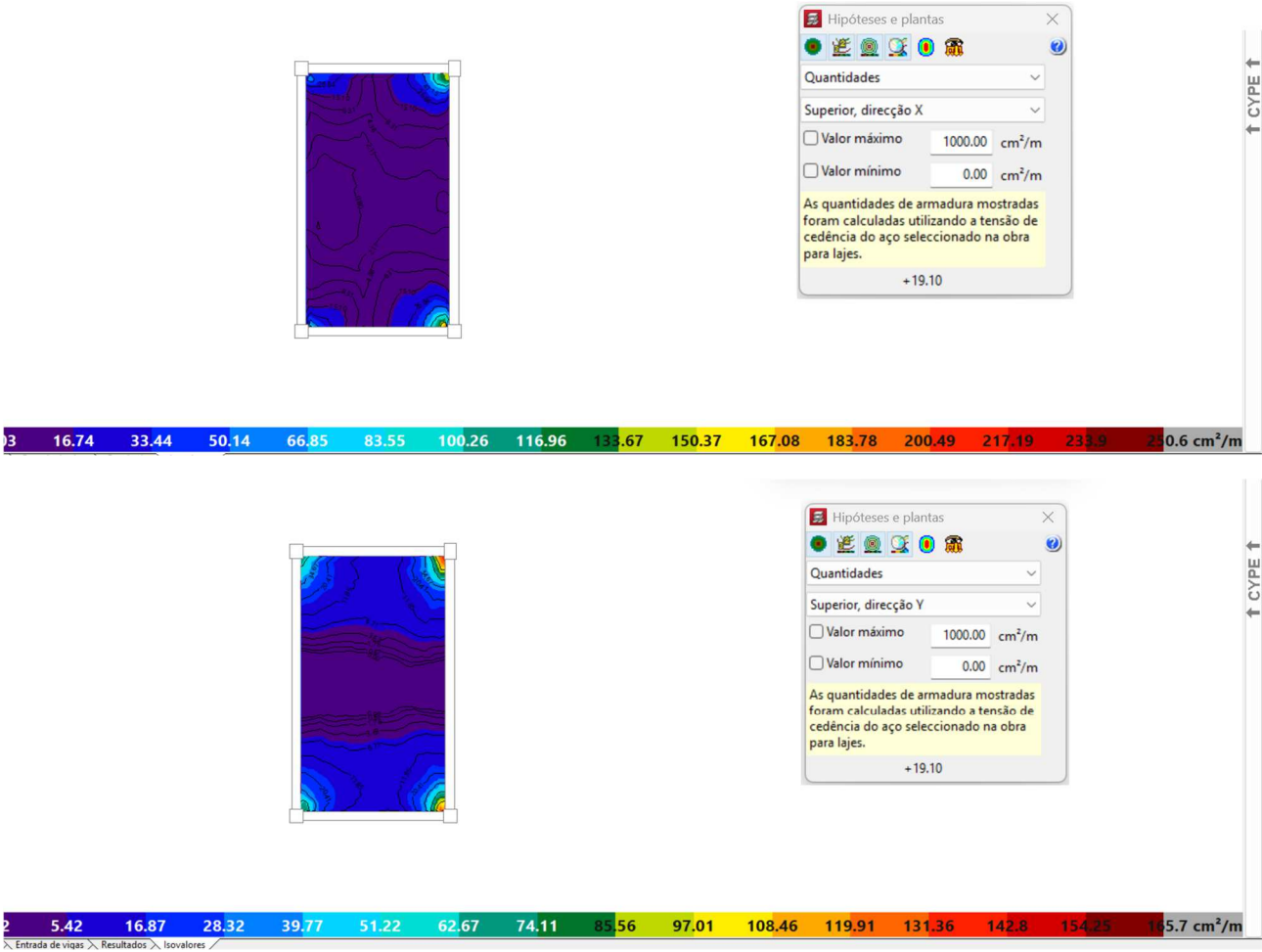


4.5.7.6. Armadura

Foi previsto um reforço de base de 20/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.

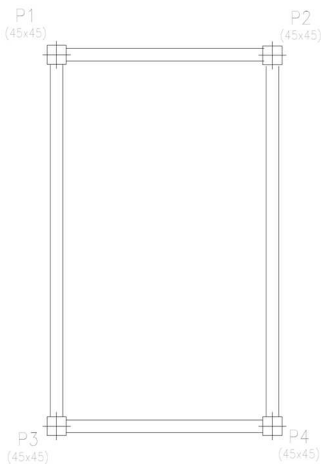


Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 62 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

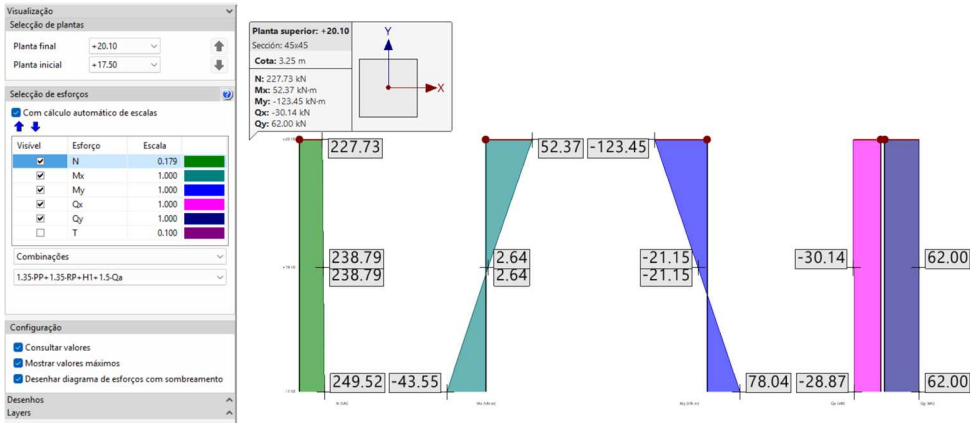


4.5.7.7. Dimensionamento dos pilares

A estrutura acima do nível do solo é suportada por 4 pilares de dimensão 45x45 que se erguem nas parede.



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 63 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

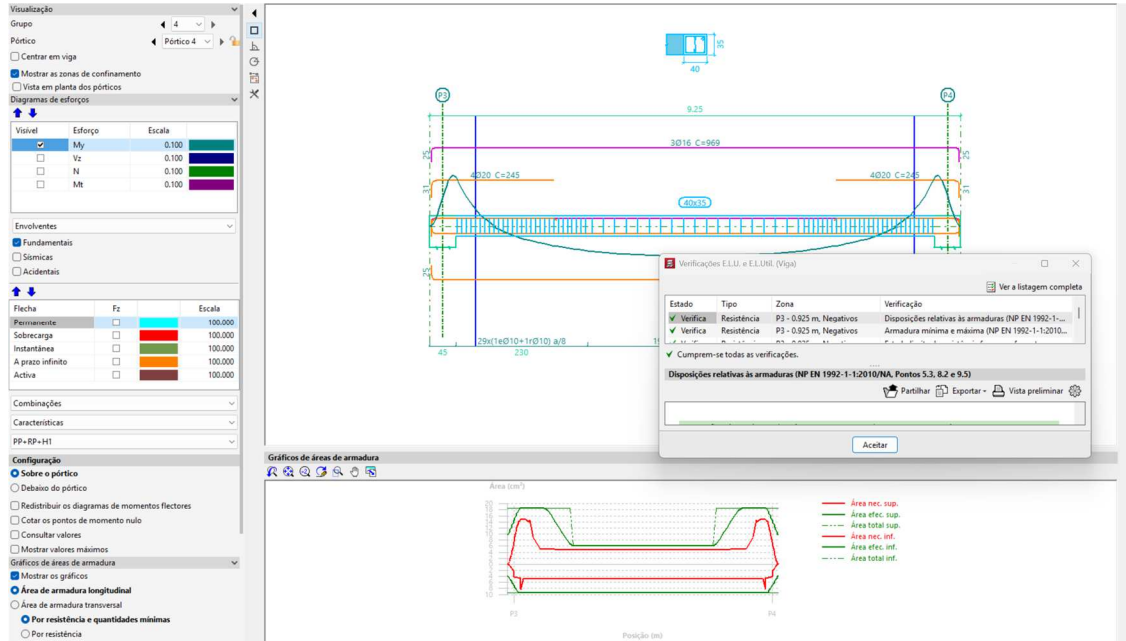


A verificação completa do estado limite é apresentada na secção da lista.

4.5.7.7.1. Dimensionamento das vigas

As vigas de perímetro da laje têm uma dimensão de 40 x 35, como mostra a verificação.

A lista completa dos ensaios de estado limite das vigas pode ser consultada na secção da lista.



Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 64 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.8. Acções no Reservatório de salmoura águas sujas

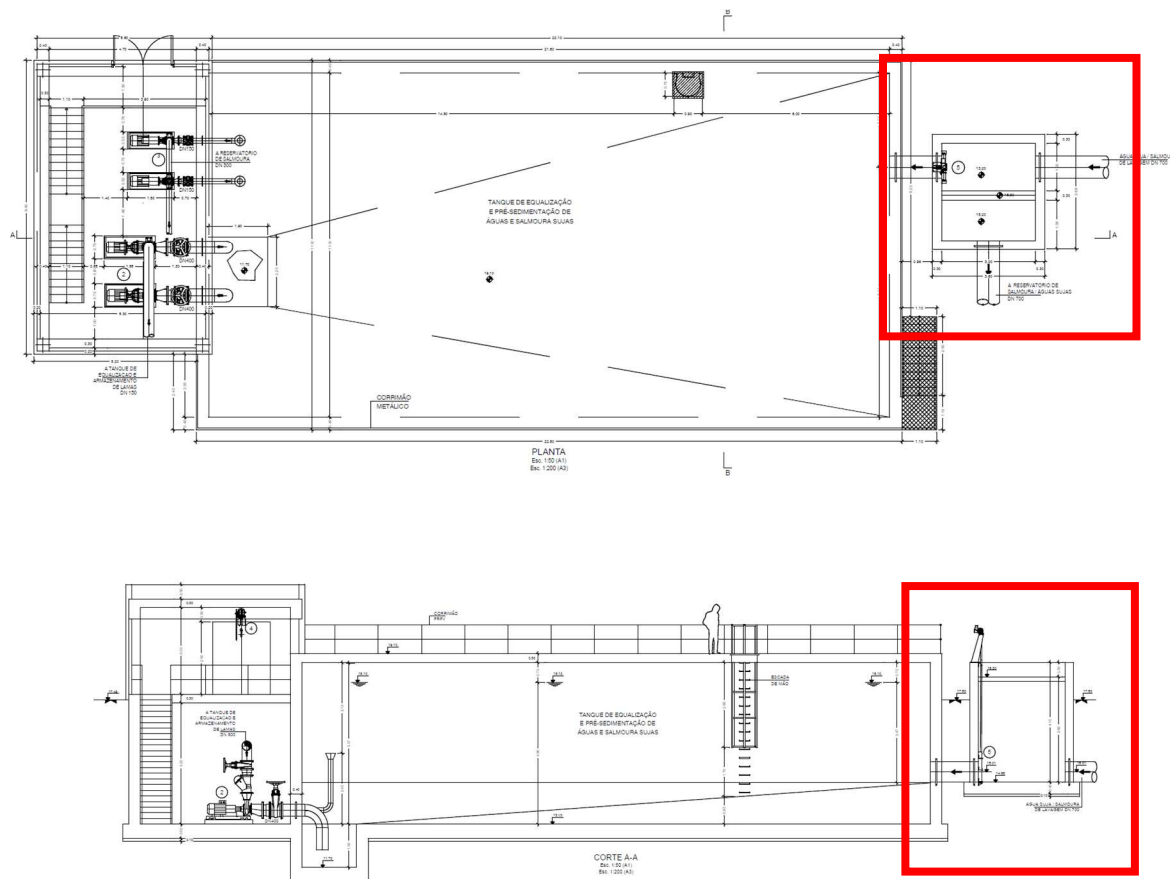


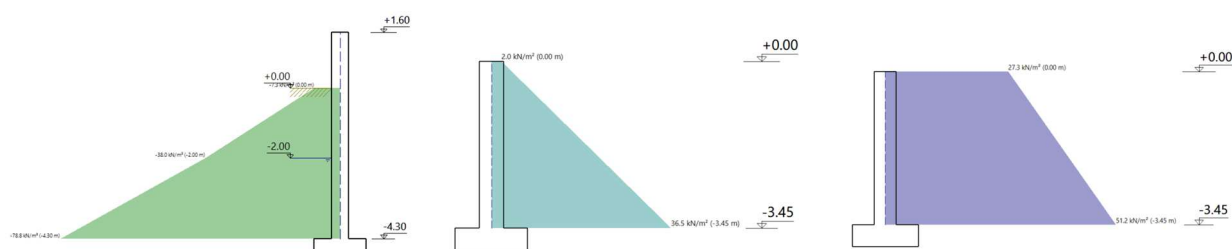
Ilustração 73 Área de estudo

O tanque de Reservatório de salmoura águas sujas tem paredes de 40 centímetros de espessura e uma laje de fundação de 70 centímetros de espessura.

A geometria e a armadura dos elementos, bem como as acções sobre eles, são descritas a seguir.

4.5.8.1. Parede com 40 centímetros de espessura

As acções de Impulsos do terreno, pressão hidrostática, força sísmica impulsiva mais convectiva e sobrecarga



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 65 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4.5.8.1.1. Esforços de dimensionamento

Axil Vertical

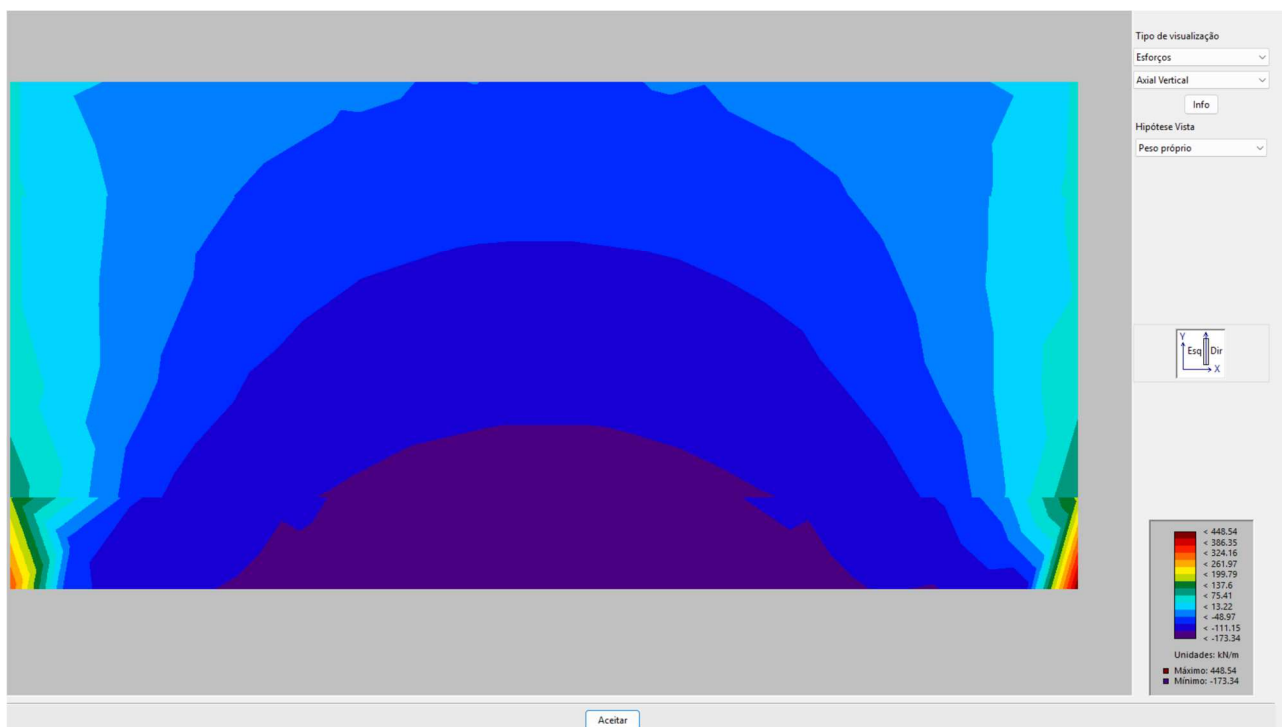


Ilustração 74 Peso próprio

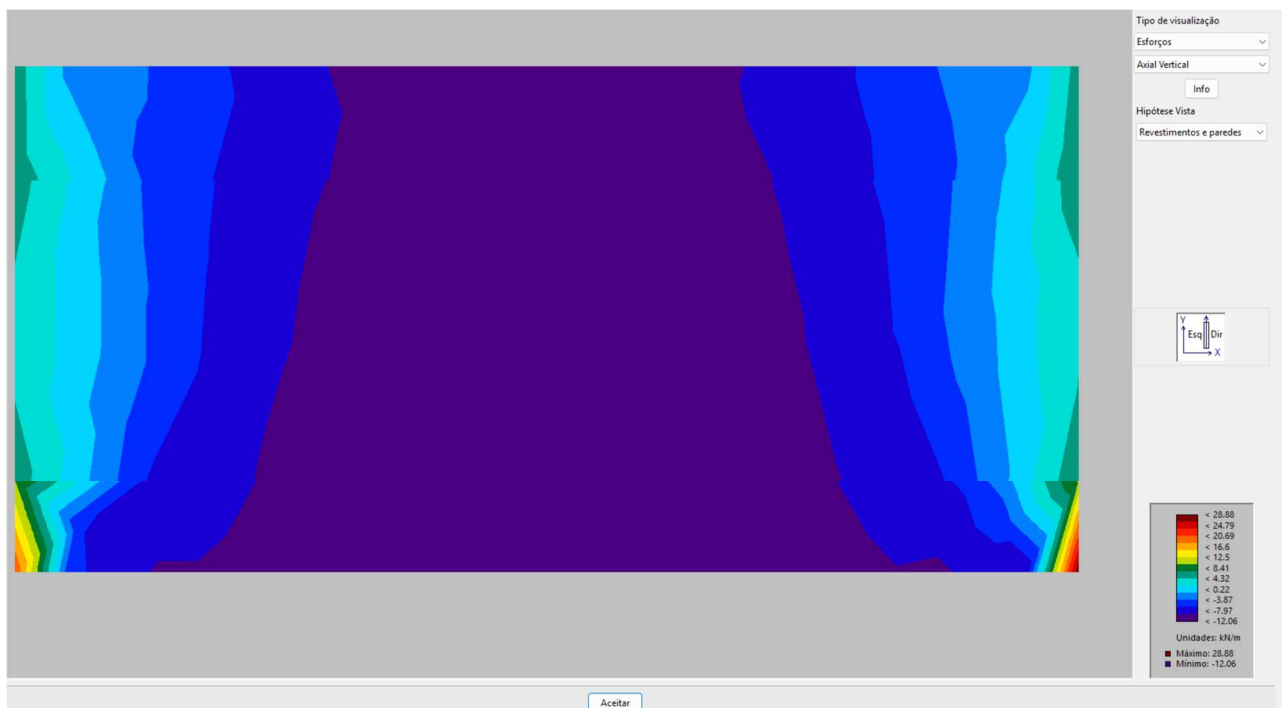


Ilustração 75 Revestimentos e paredes

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 66 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

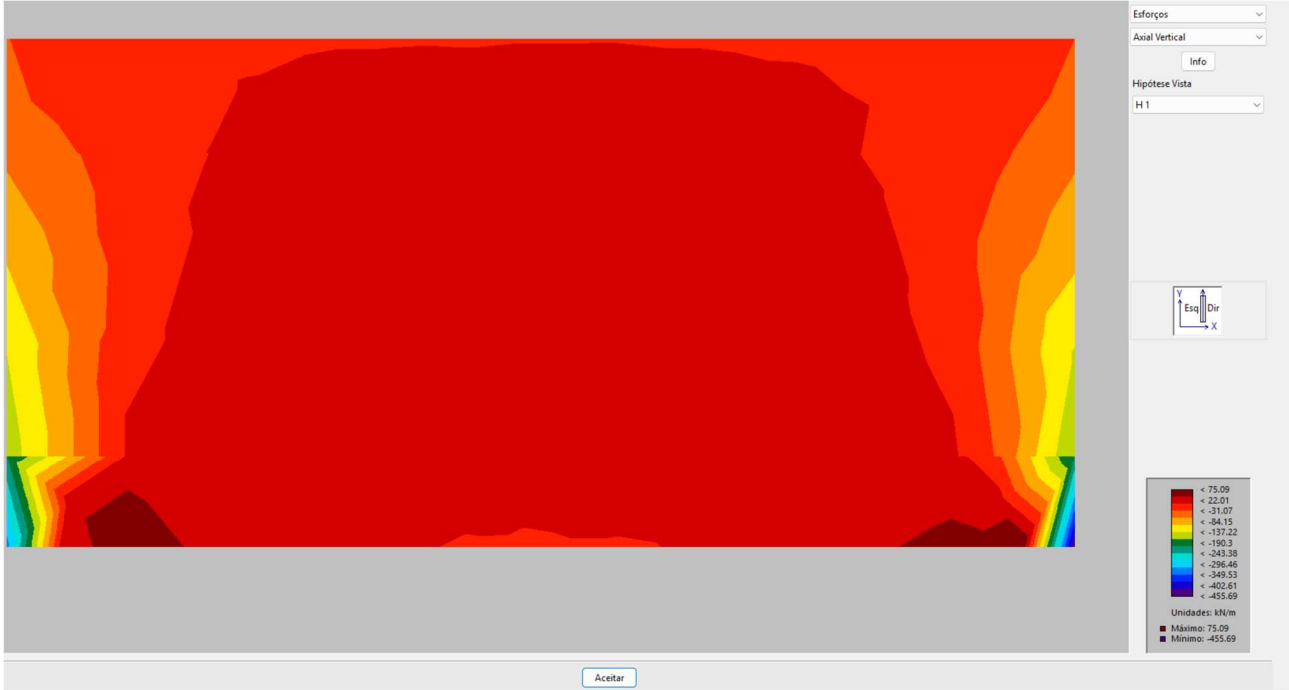


Ilustração 76 Impulsos do terreno

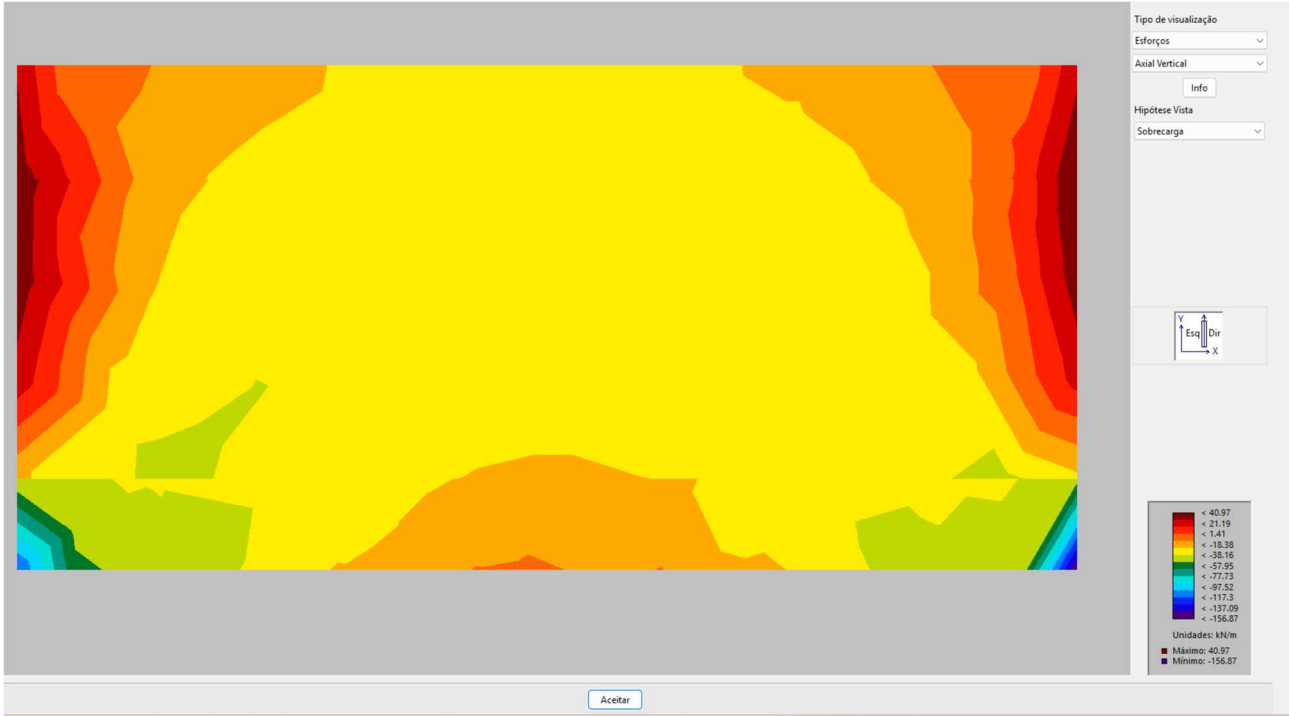


Ilustração 77 Sobrecarga

Cliente		Empreiteiro EPC			
					
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	68 de 288	
Código AdA		Código ACE			
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001			

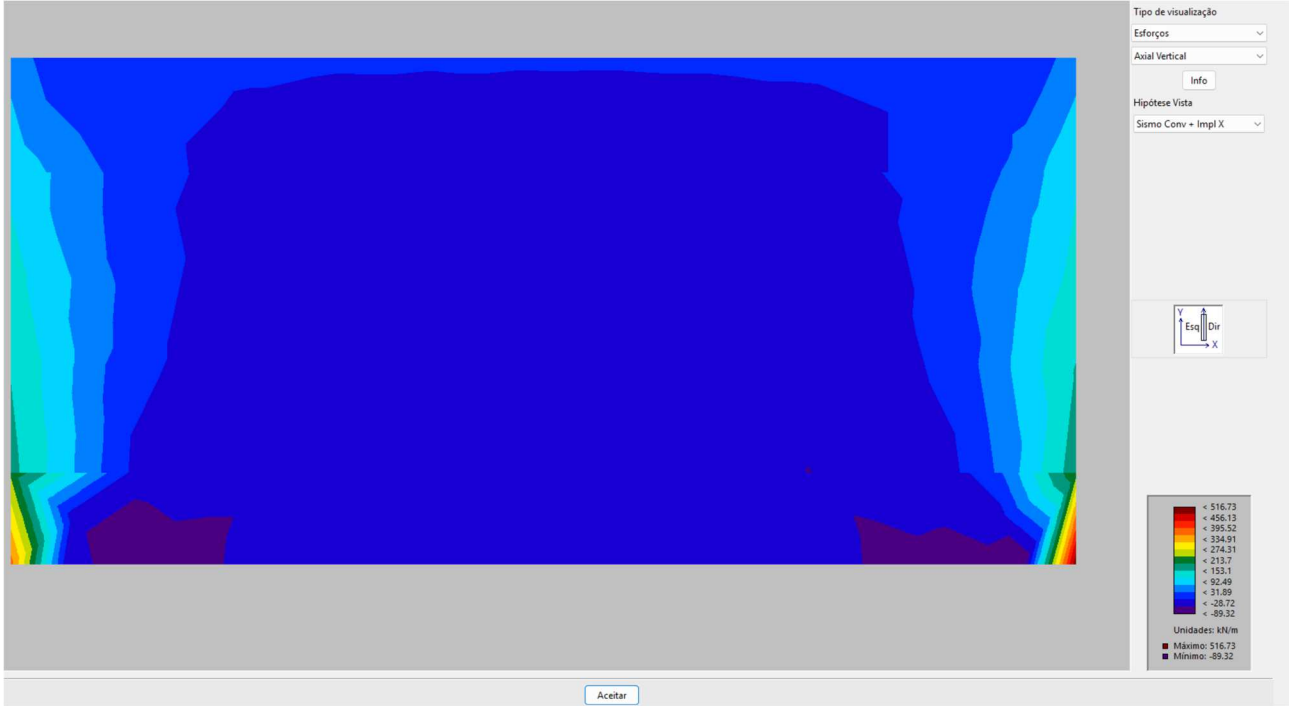


Ilustração 80 Sismo Conv + Impl X

Momento Vertical

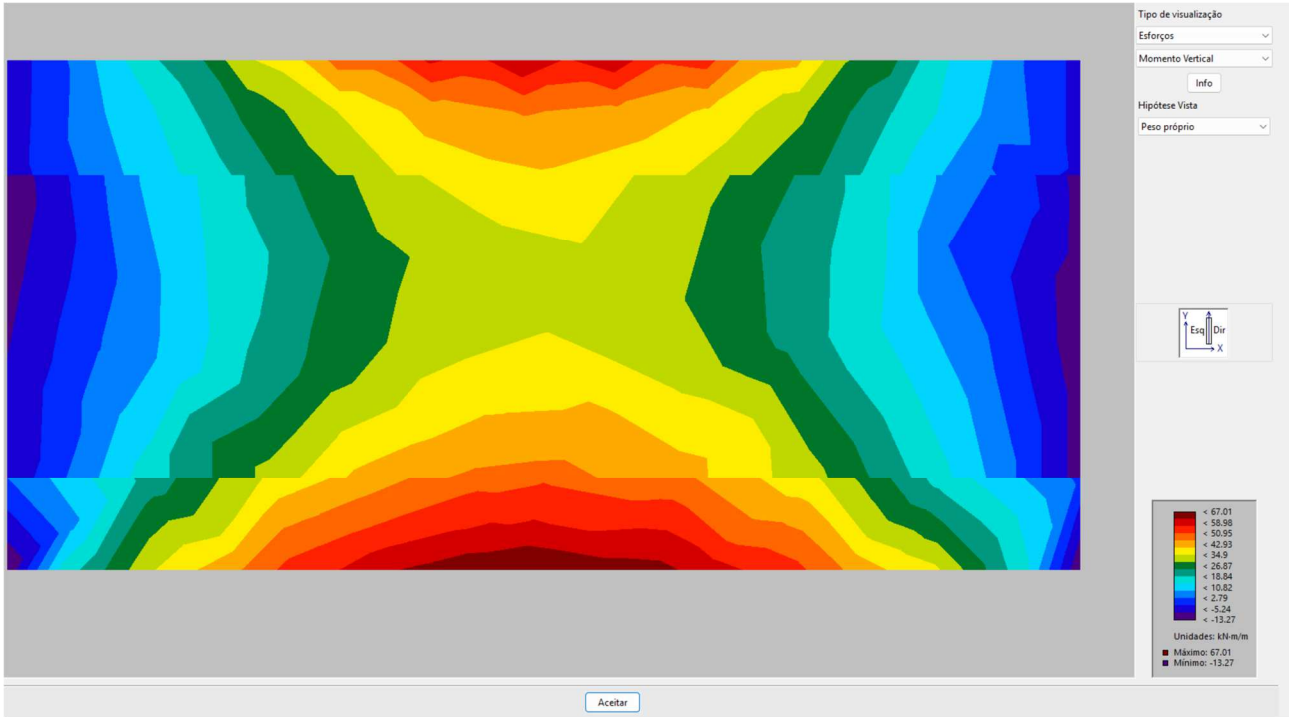


Ilustração 81 Peso próprio

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 69 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

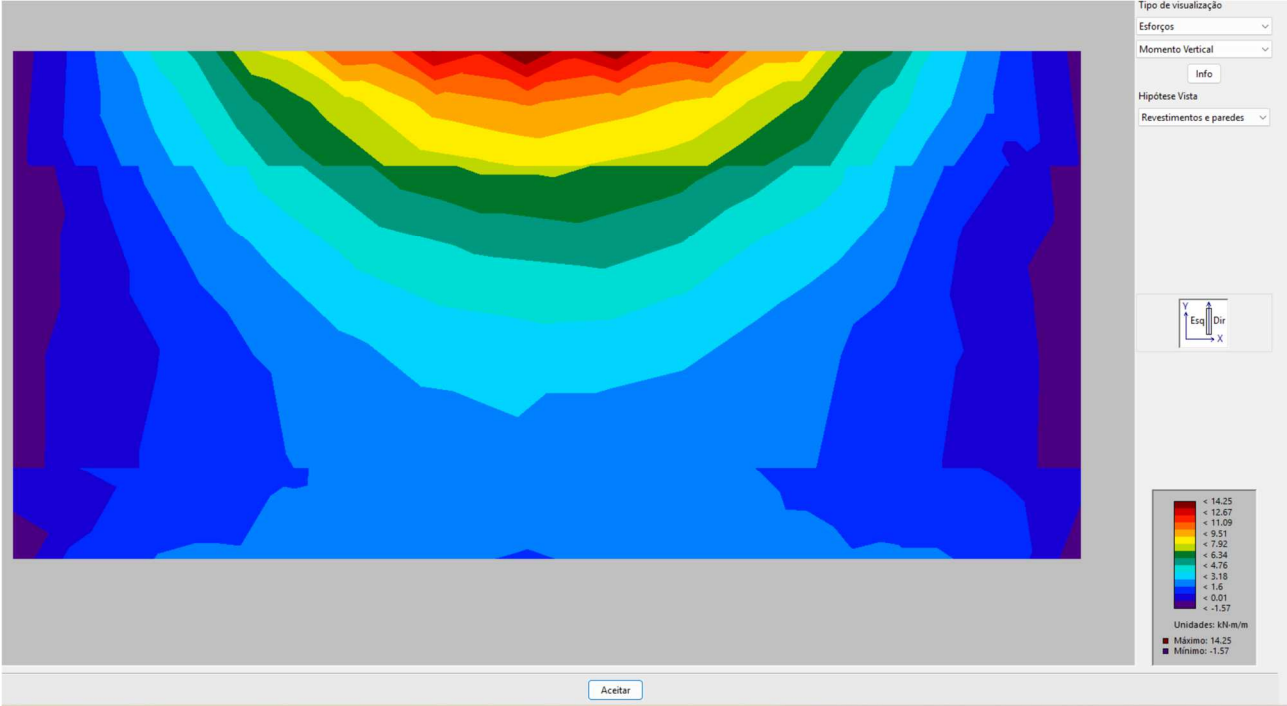


Ilustração 82 Revestimentos e paredese

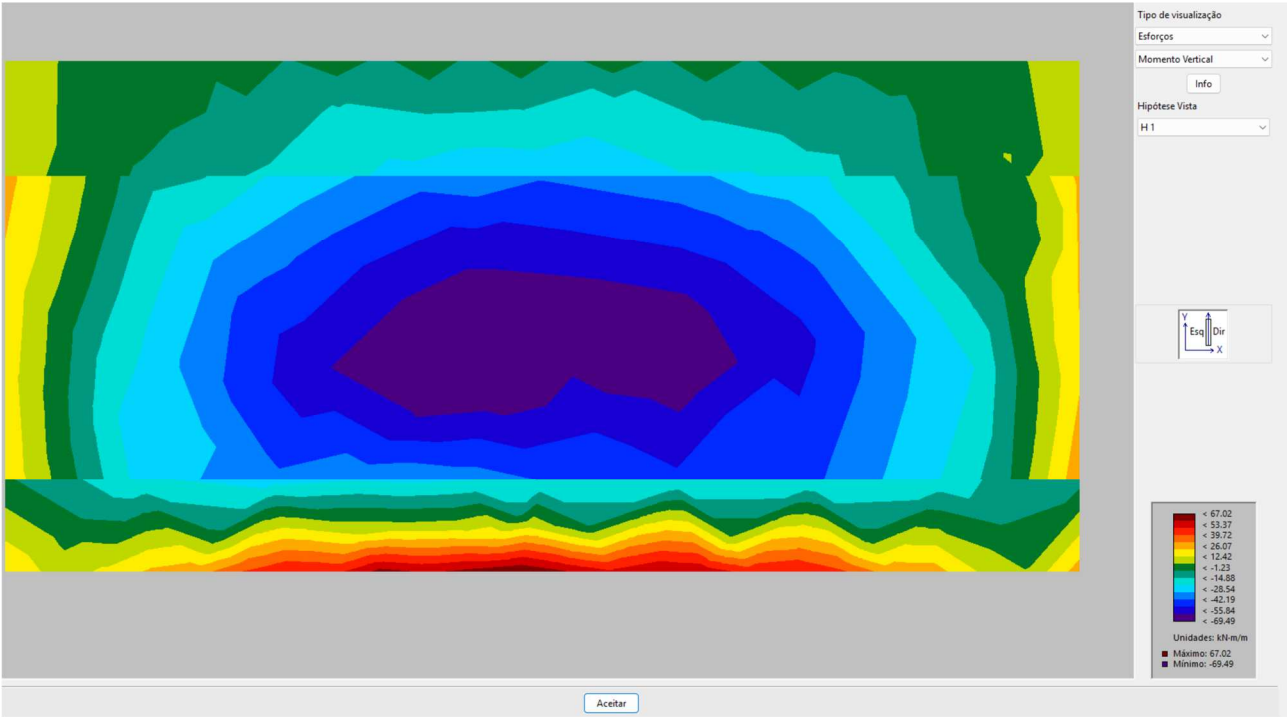


Ilustração 83 Impulsos do terreno

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 70 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

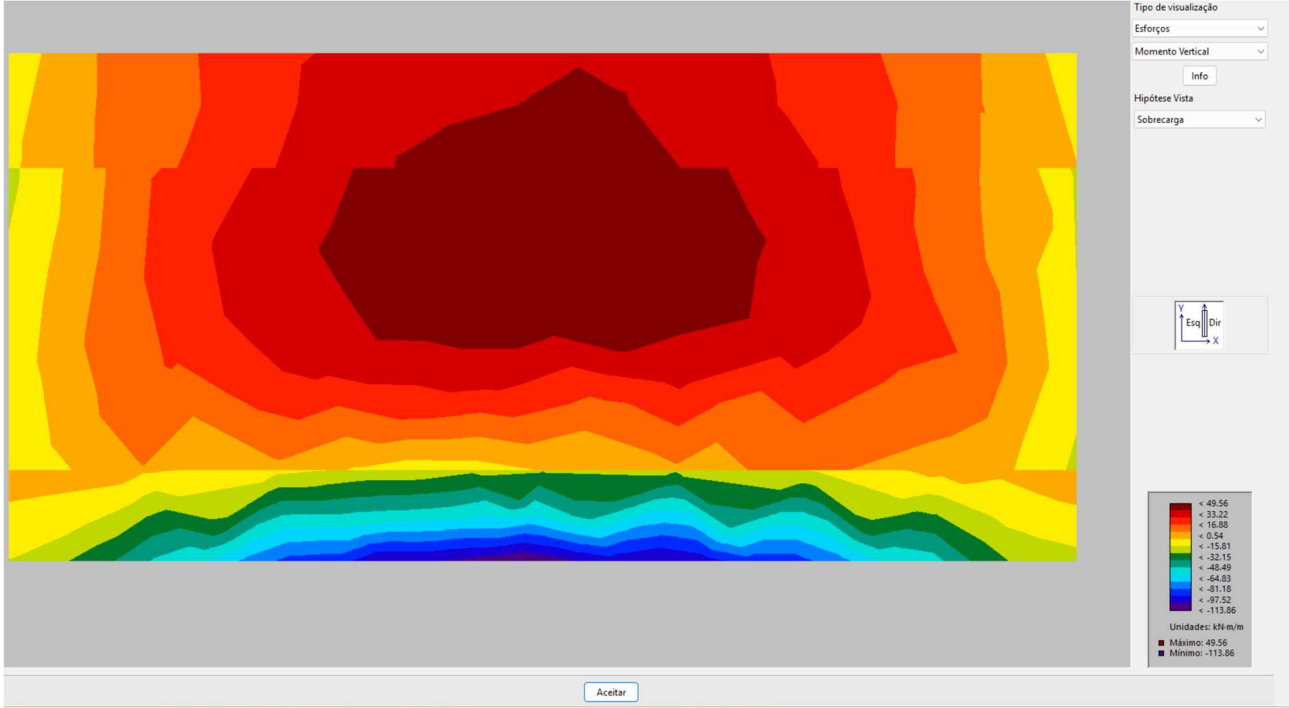


Ilustração 84 Sobrecarga

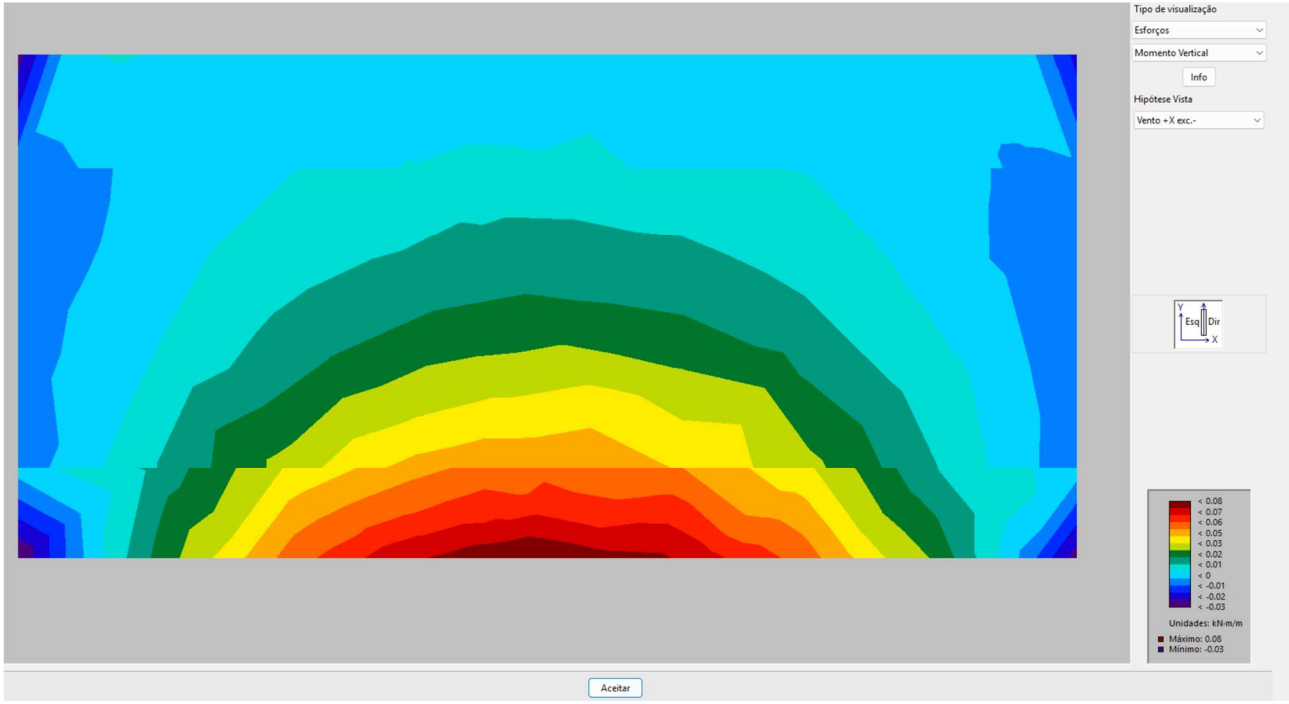


Ilustração 85 Vento

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	71 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

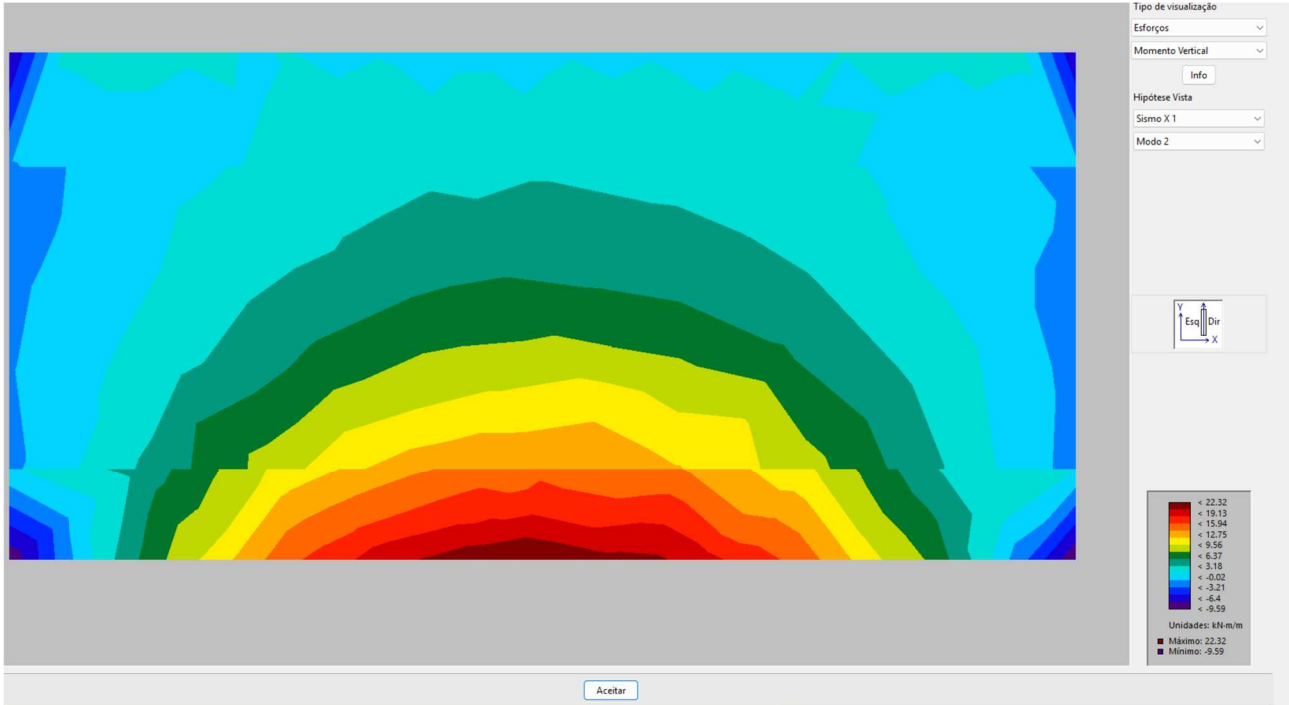


Ilustração 86 Sismo X1 Modo 2

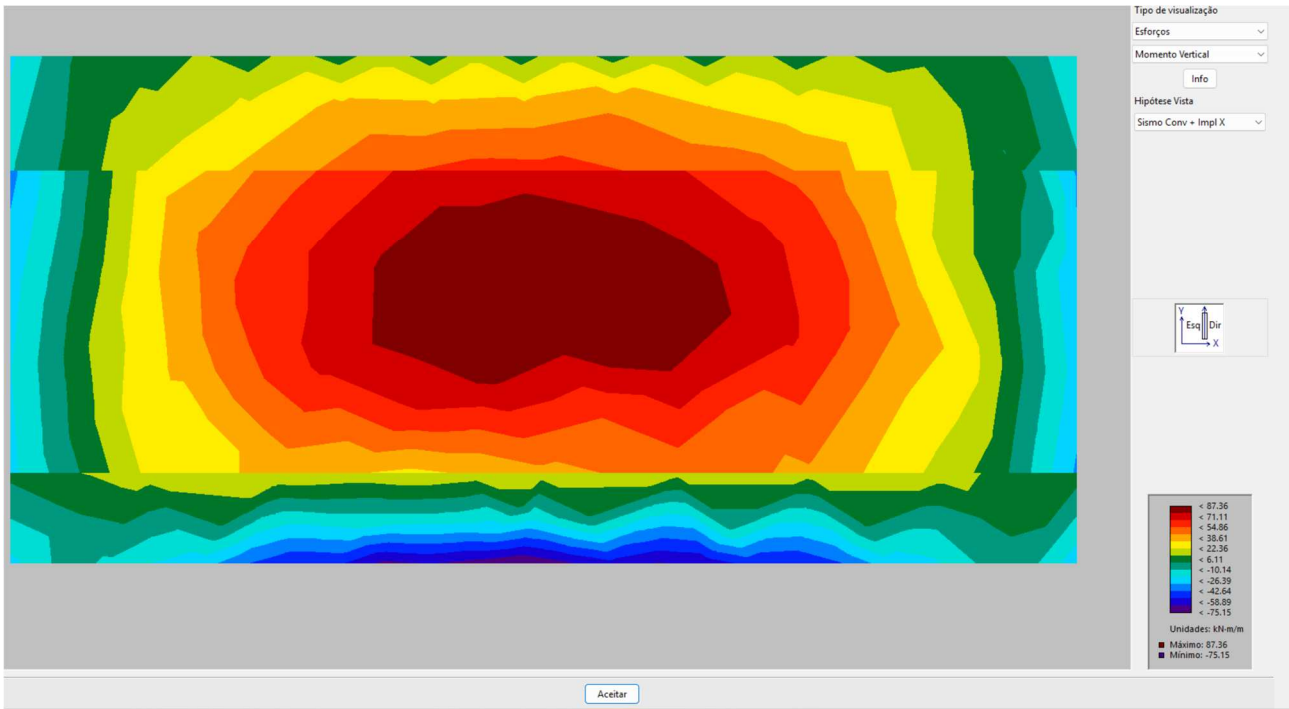


Ilustração 87 Sismo Conv + Impl X

Momento horizontal

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	72 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

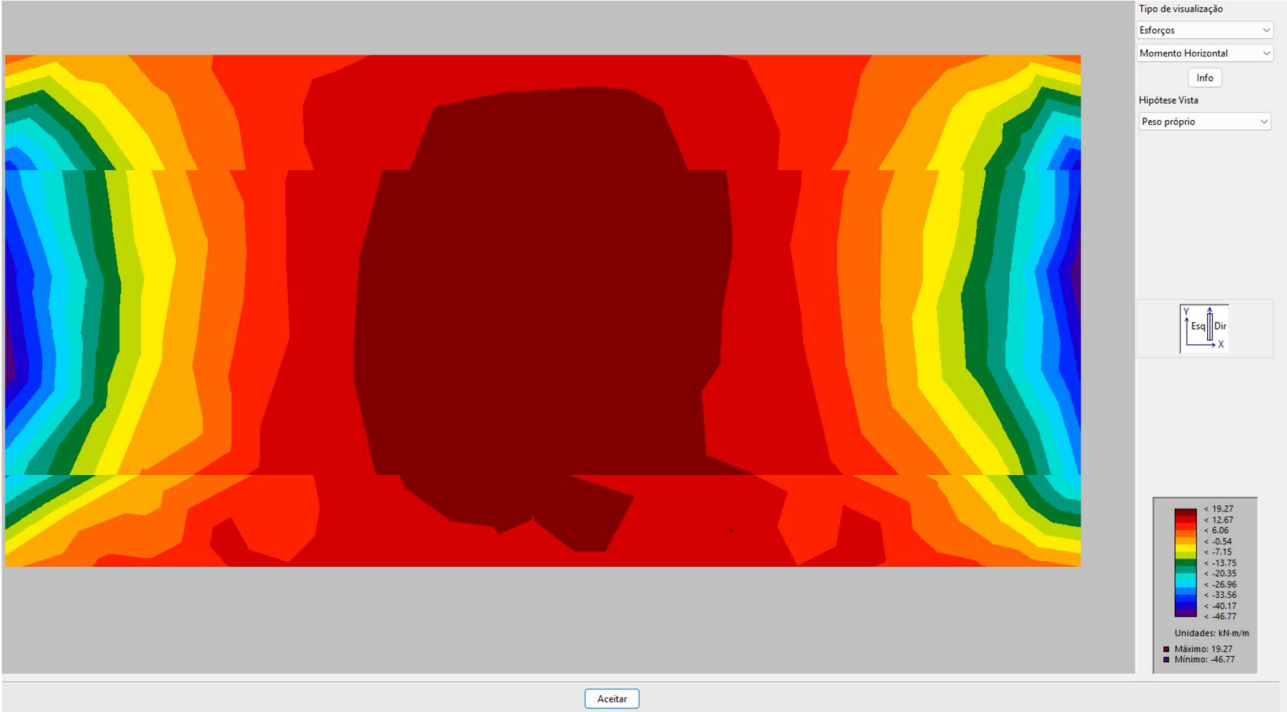


Ilustração 88 Peso próprio

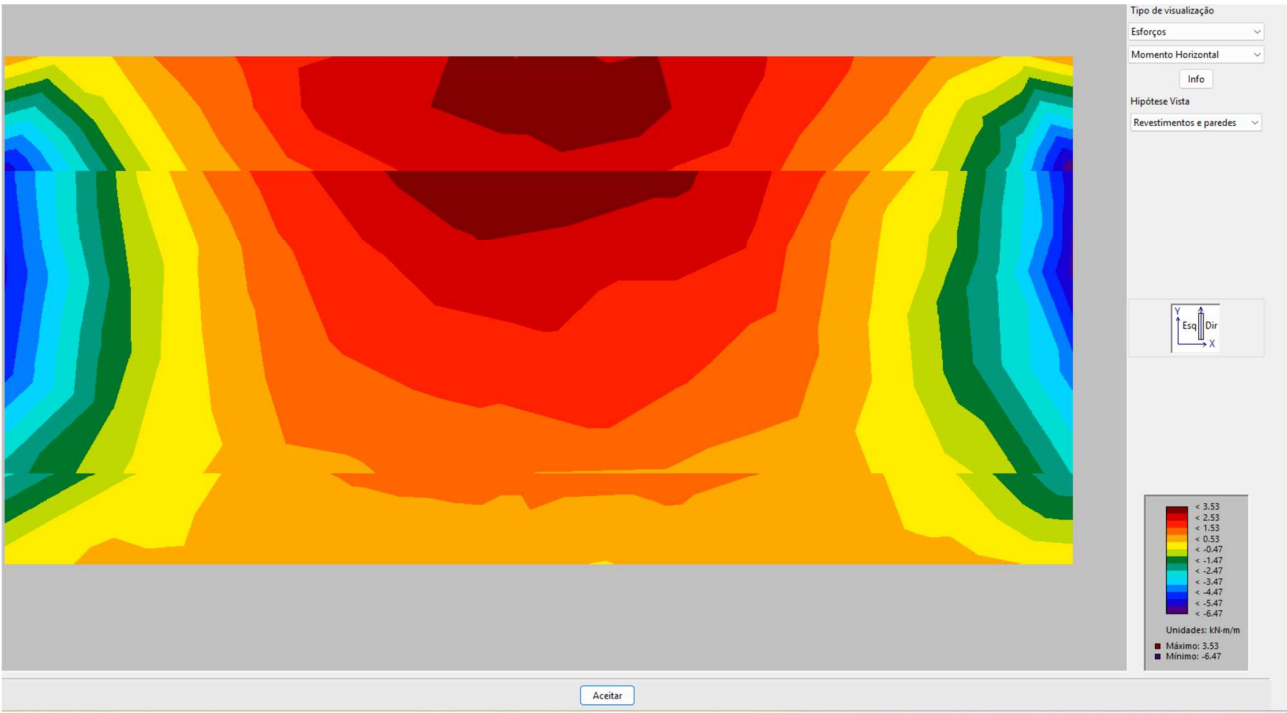


Ilustração 89 Revestimentos e paredes

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 73 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

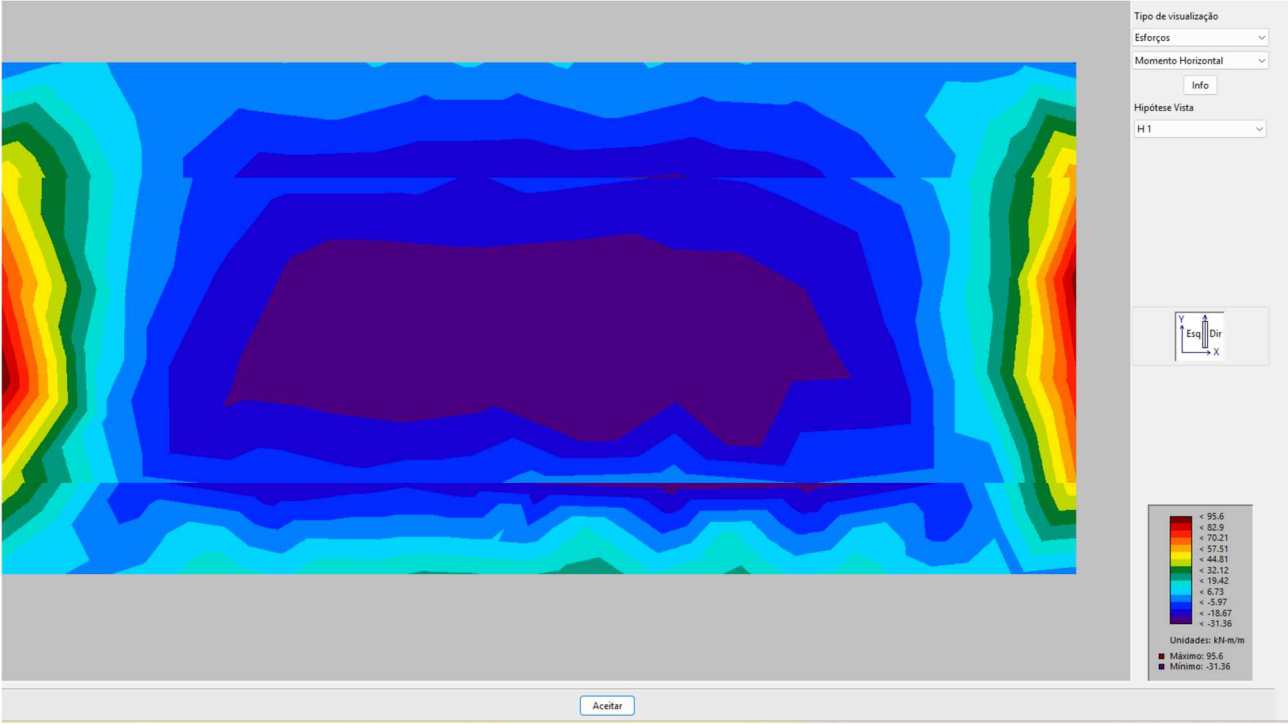


Ilustração 90 Impulsos do terreno

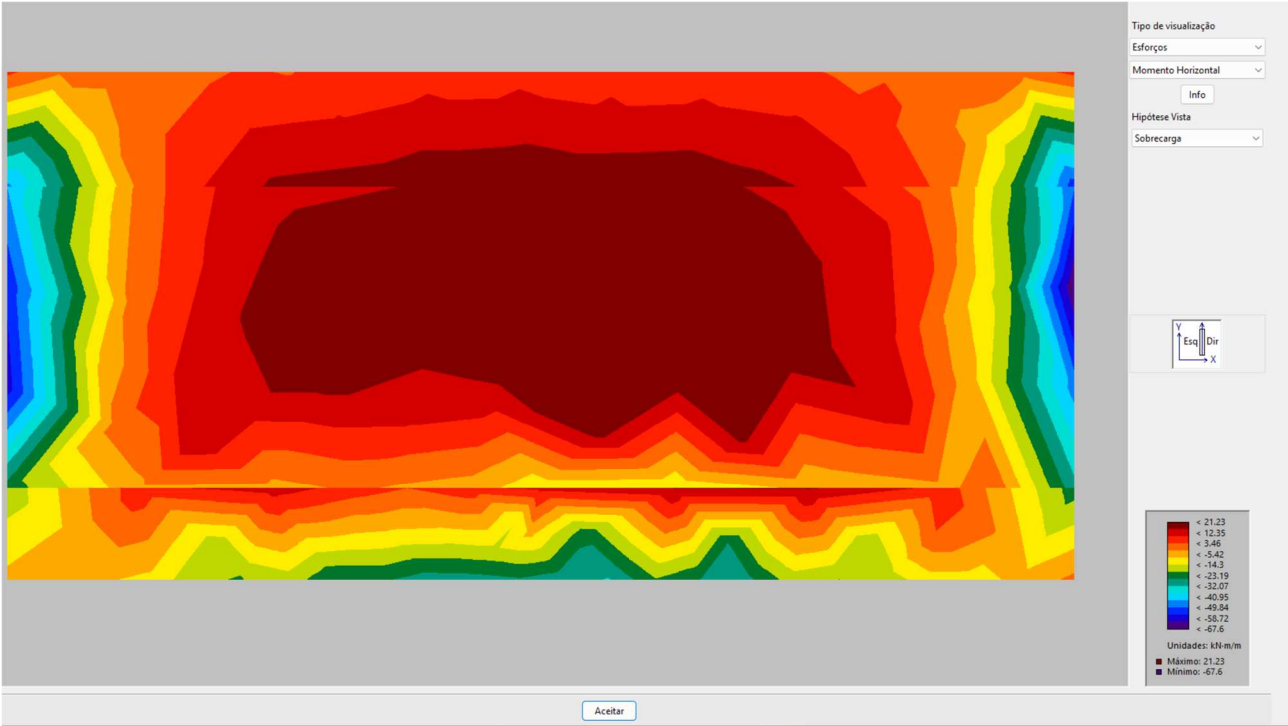


Ilustração 91 Sobrecarga

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 74 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

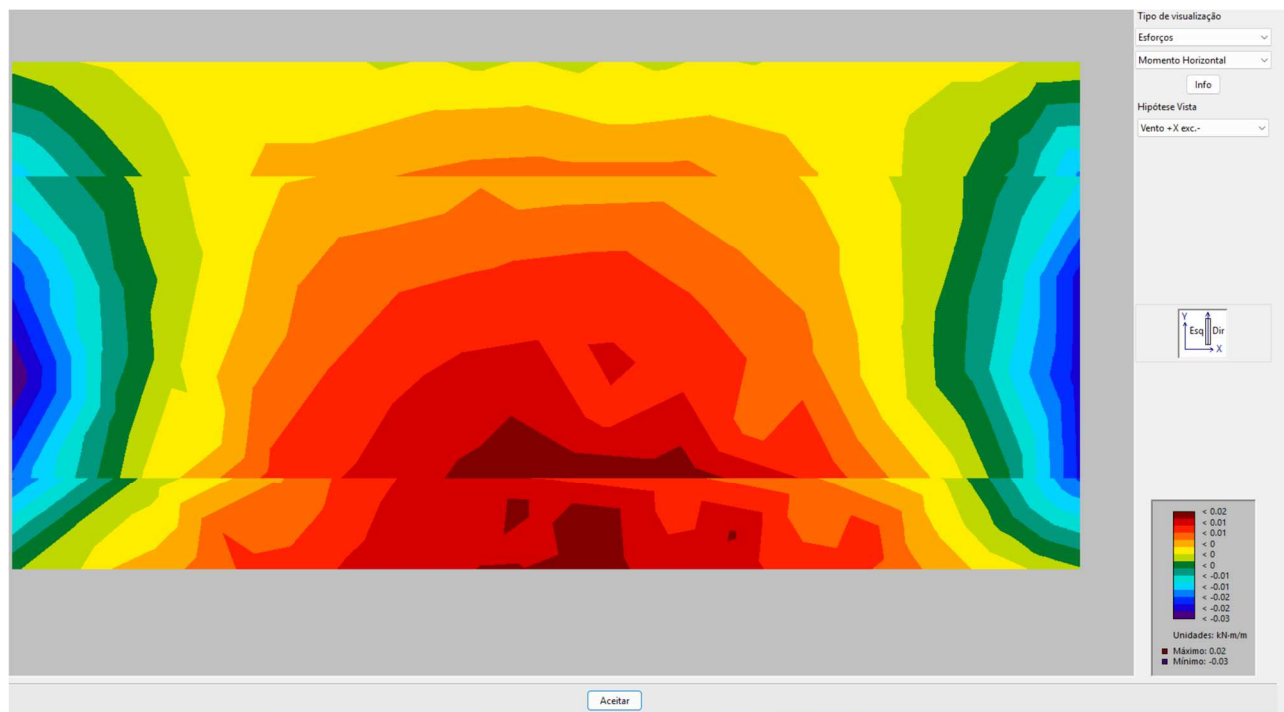


Ilustração 92 Vento

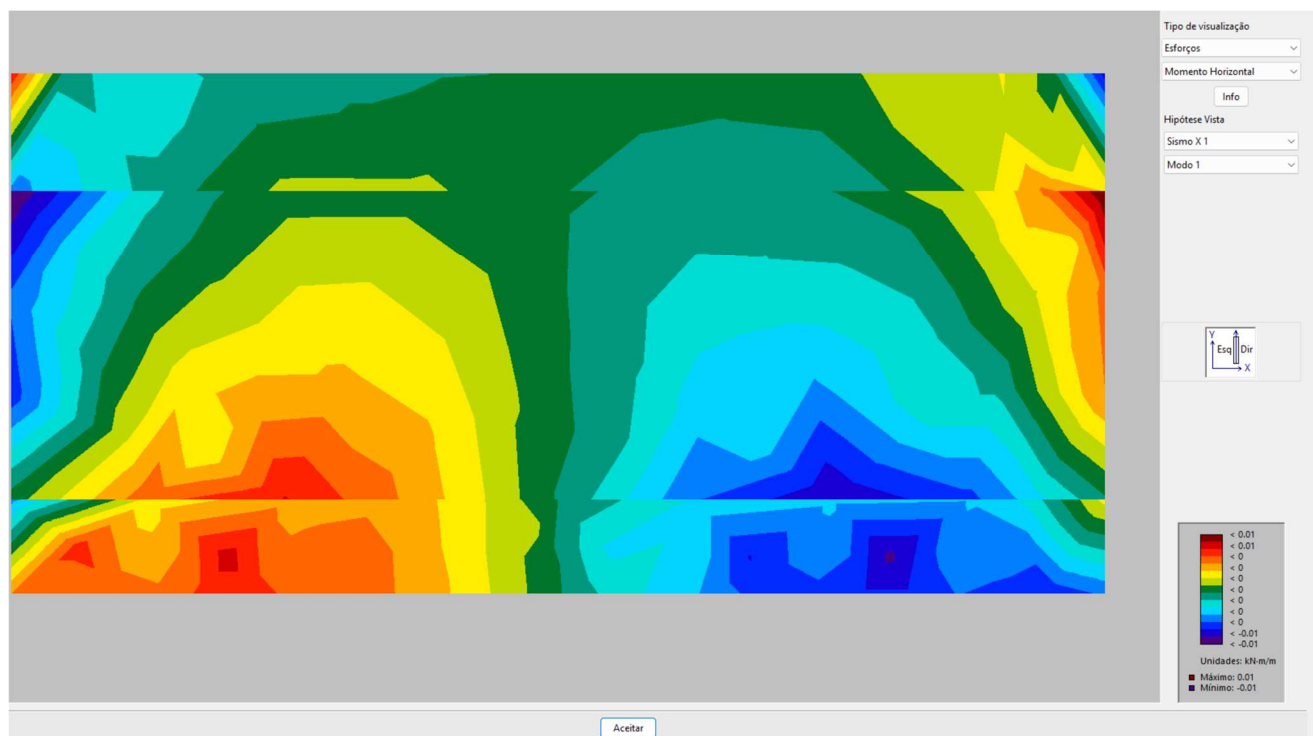


Ilustração 93 Sismo X1 Modo 1

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 75 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

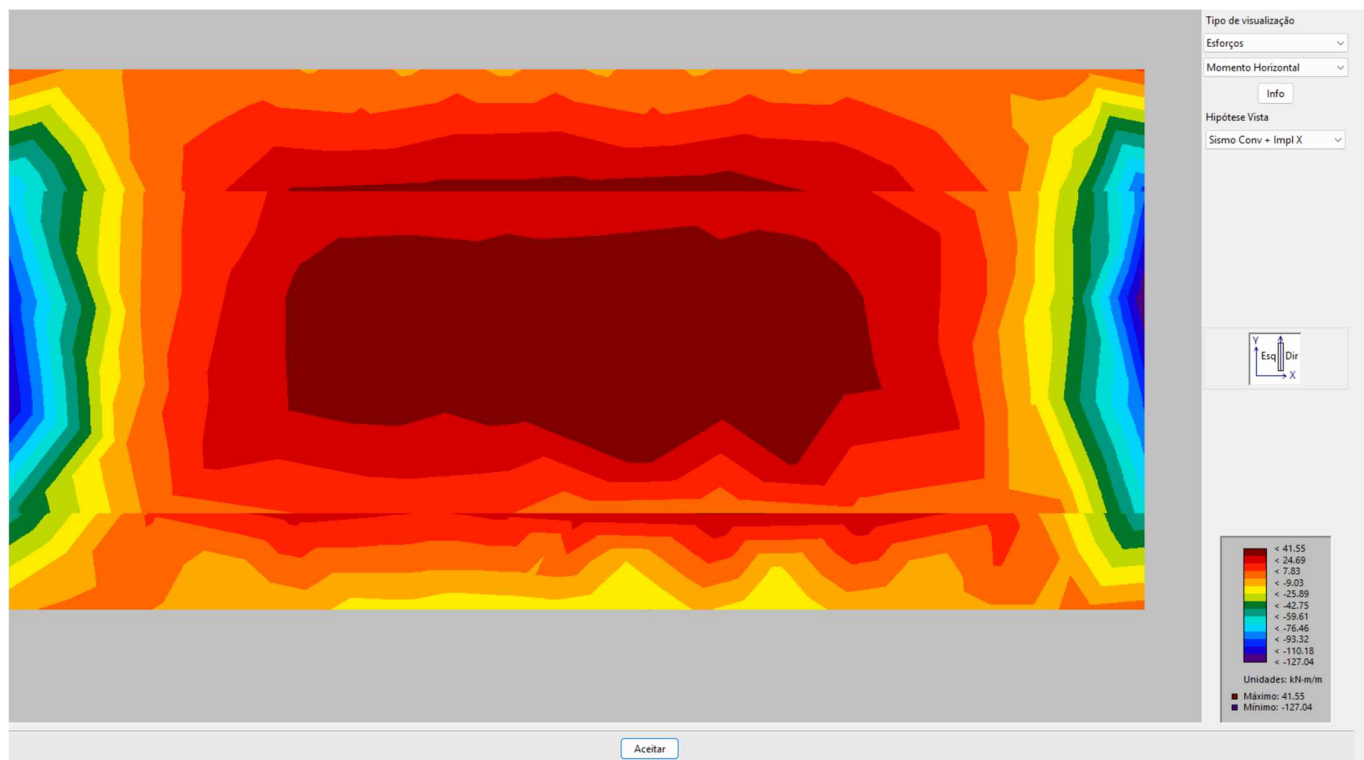


Ilustração 94 Sismo Conv + Impl X

4.5.8.1.2. Listagem de armaduras – desfavoráveis

Lista das forças armadas

Referência: M12						
Setor	Espessuras	Arm.ver	Arm.hor	Arm.Trans	F.C.	Estado
FUNDAÇÃO + 14.65 - 17.50	0,2 metros	Ø20c/20 cm	Ø20c/20 cm	1 Ø10c/20 cm V	100 %	---
	0,2 metros	Ø20c/20 cm	Ø20c/20 cm	20 cm A		

Para cada piso, a linha superior refere-se ao lado esquerdo da parede e a linha inferior ao lado direito.

F.C. = O fator de conformidade indica a percentagem de área em que a armadura e a espessura do betão são suficientes.

Lista de péssimas pessoas

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 76 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referência: M12

			Nx	Ny	Nxy	Mx	O meu	Mxy	Qx	Qy
FUNDAÇÃO + 14.65 - 17.50	Braço vert. der.	2.14	-94.53	-11.94	4.77	-58.27	-7.36	-0.65	---	---
	Braço. Horz. o.	0.38	-89.57	-9.91	-5.40	-44.11	-13.09	0.60	---	---
	Braço verde.	0.61	-43.80	-43.34	0.99	14.25	20.53	0.20	---	---
	Braço horz. izq.	0.84	-20.56	-30.89	3.44	12.26	26.97	-2.44	---	---
	Betão	5.13	-94.53	-11.94	4.77	-58.27	-7.36	-0.65	---	---
	Braço. transve.	2.63	-55.00	-43.90	-12.38	---	---	---	60.95	10.01

Utilização: Nível de tensão (relação entre a tensão máxima e a tensão admissível). É equivalente ao inverso do coeficiente de segurança.

Nx : Axil vertical (kN/m).

Ny : Axil horizontal (kN/m).

Nxy: Axil tangencial (kN/m).

Mx : Momento vertical (em torno do eixo horizontal) (kN·m/m).

Meu : Momento horizontal (em torno do eixo vertical) (kN·m/m).

Mxy: Momento torsor (kN·m/m).

Qx : Cortante transversal vertical (kN/m).

Qy : Cortante transversal horizontal (kN/m).

4.5.9. Deslocamentos

As deslocações da estrutura completa por cenário são apresentadas abaixo.

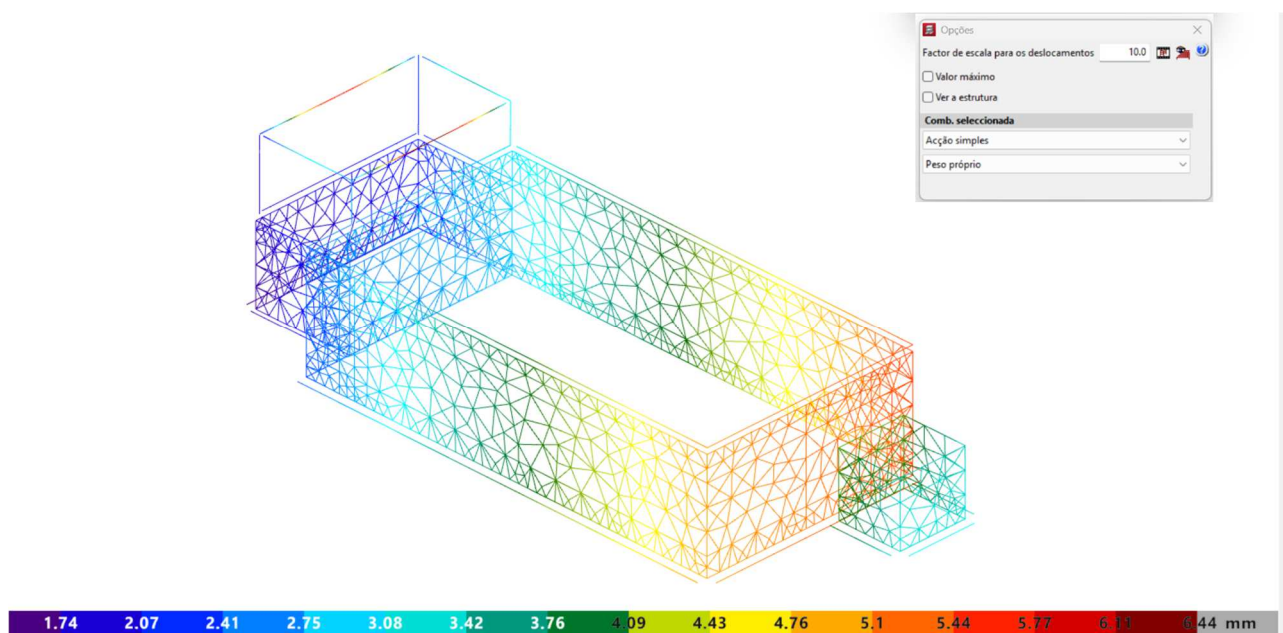


Ilustração 95 Deslocamentos Peso próprio

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 77 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

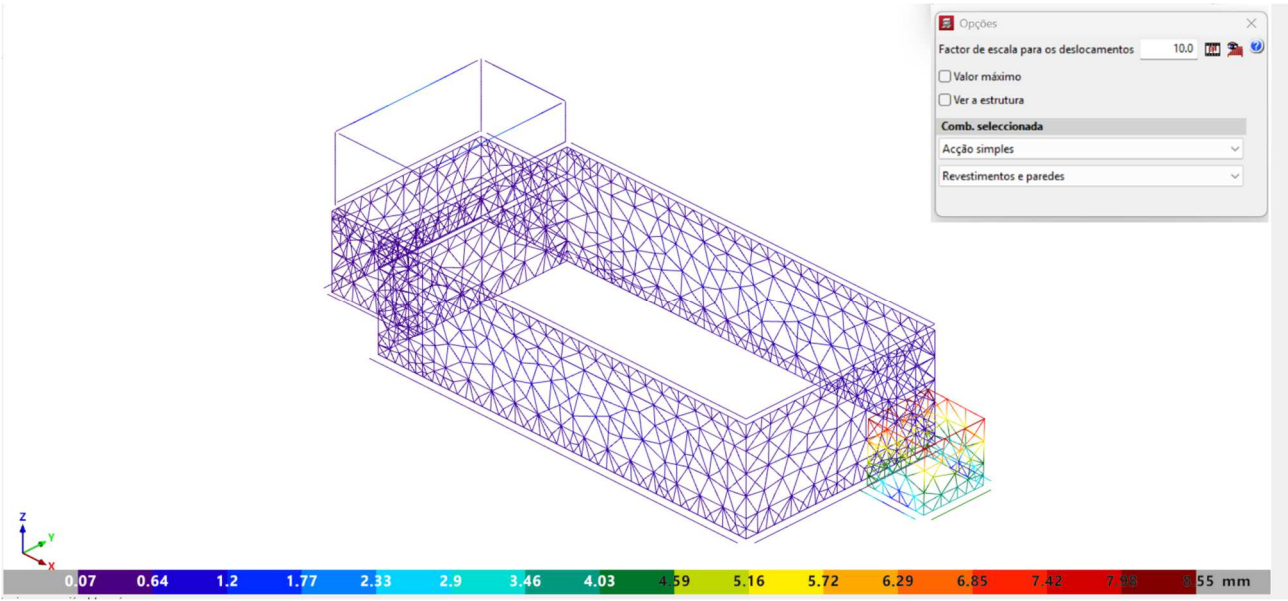


Ilustração 96 Deslocamentos Revestimentos e paredes

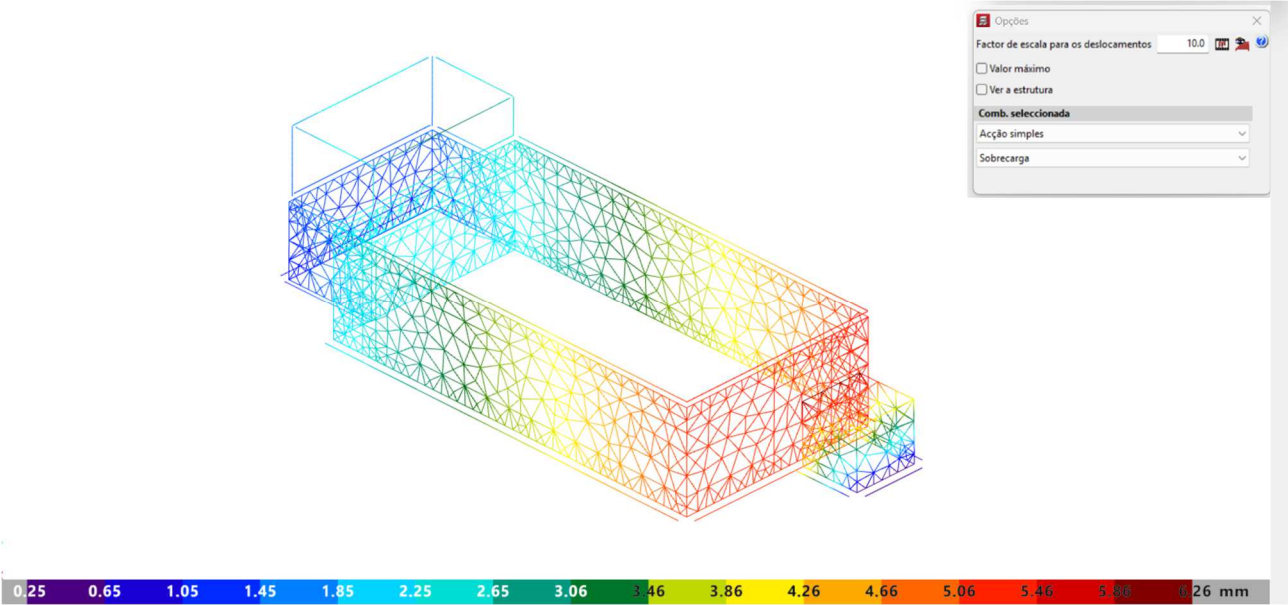


Ilustração 97 Deslocamentos Sobrecarga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 78 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

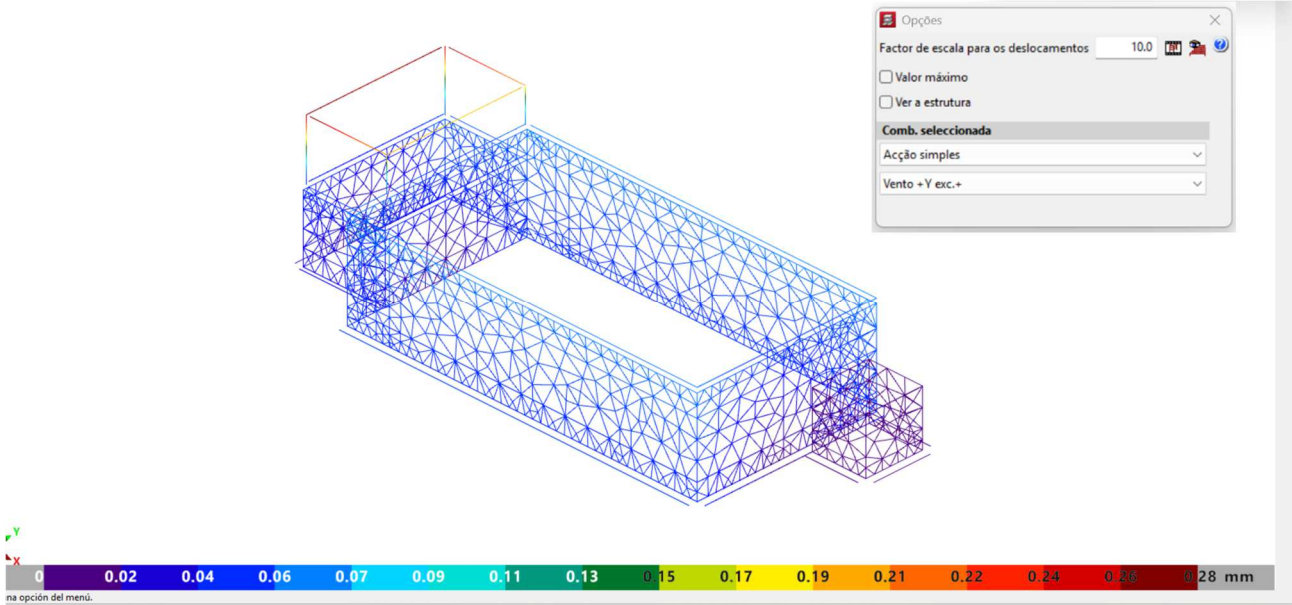


Ilustração 98 Deslocamentos Vento

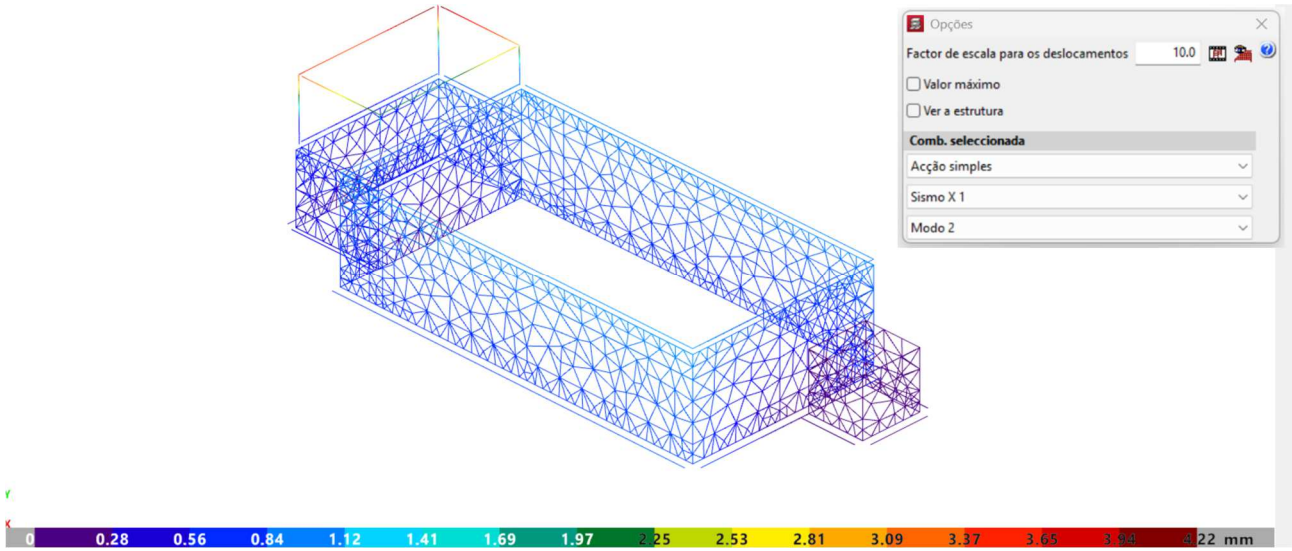


Ilustração 99 Deslocamentos Sismo X1 Modo 2

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 79 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

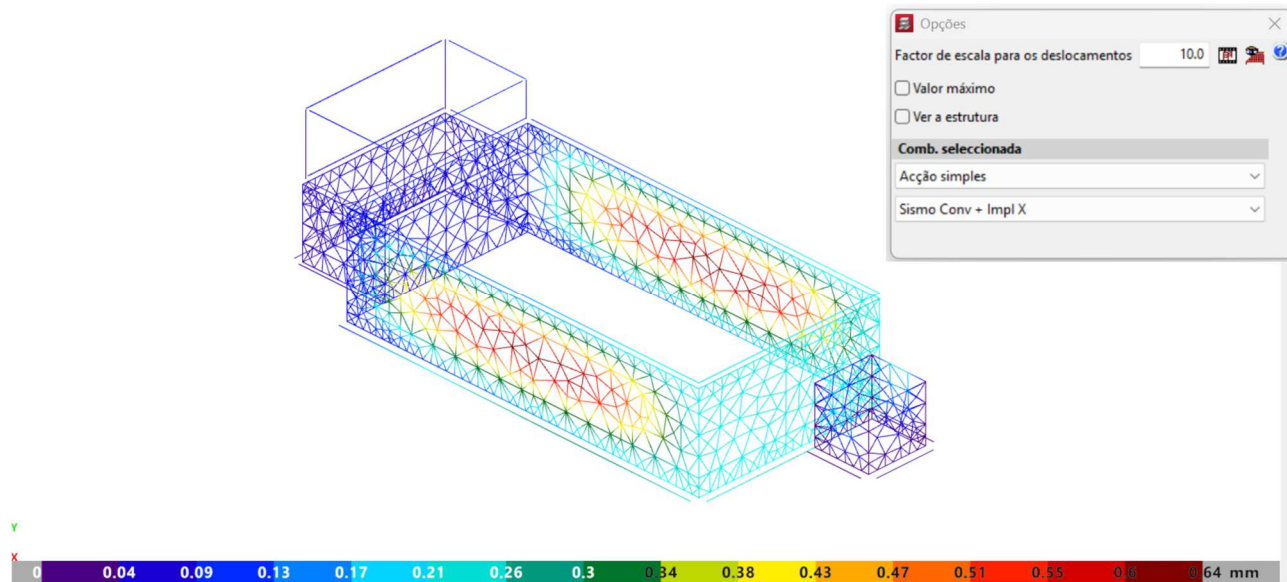


Ilustração 100 Deslocamentos Sismo Conv + Impl X

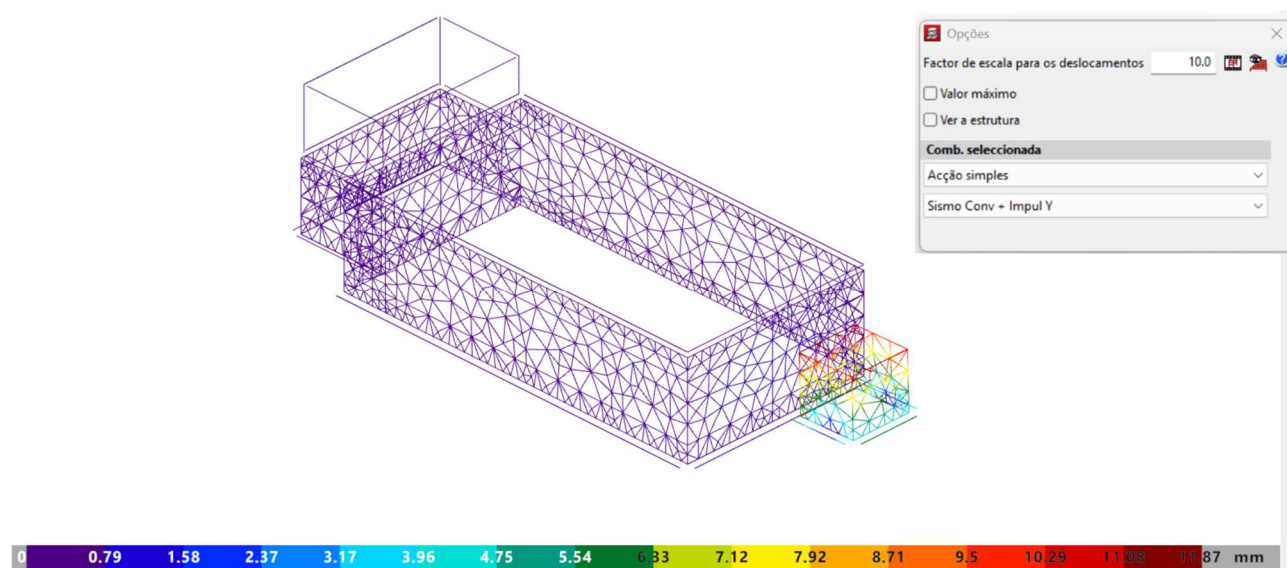


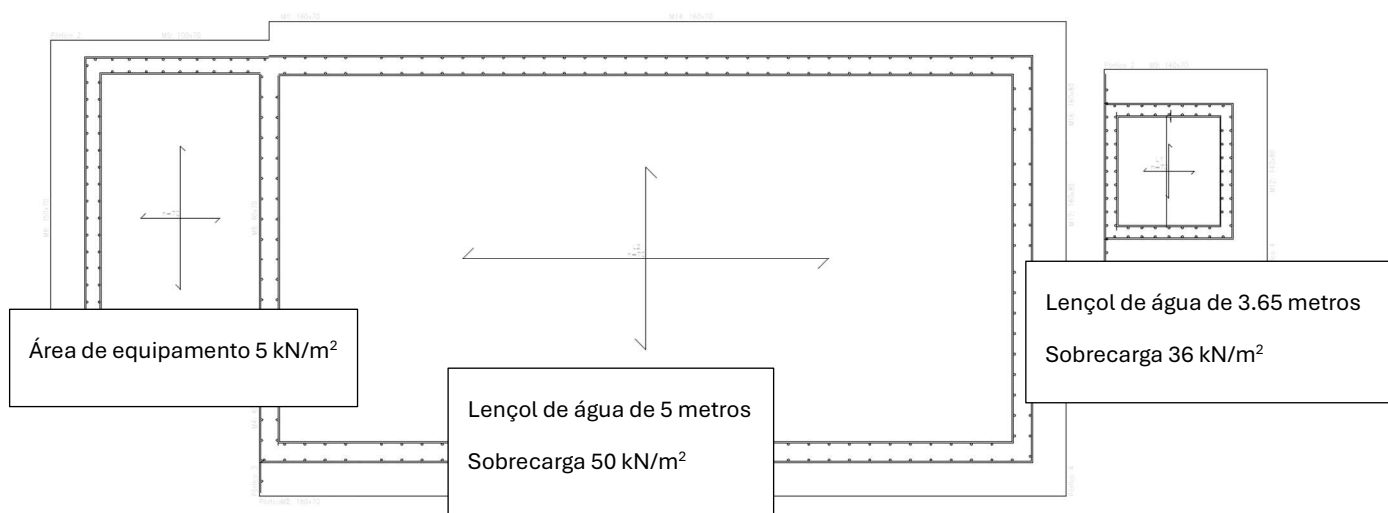
Ilustração 101 Deslocamentos Sismo Conv + Impl Y

4.6. Lajes de fundação

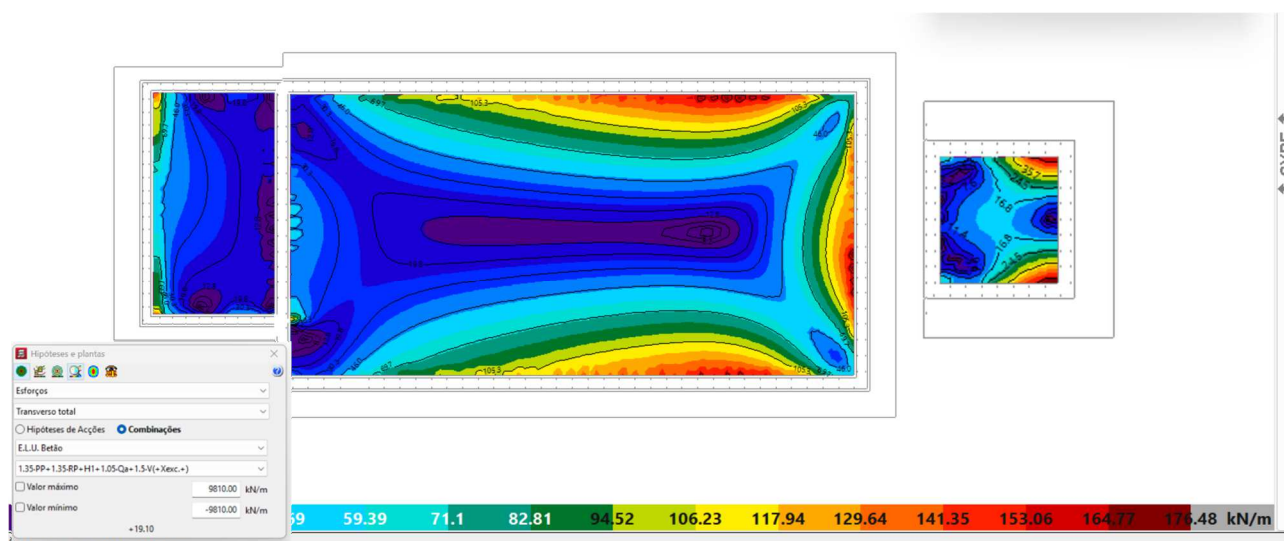
As paredes da estrutura são construídas sobre a laje de fundação, a zona do tanque tem uma sobrecarga de 5 metros de água e o tanque de salmoura tem uma sobrecarga de 3,6 metros de água.

A zona dos equipamentos tem uma sobrecarga de 5kN/m².

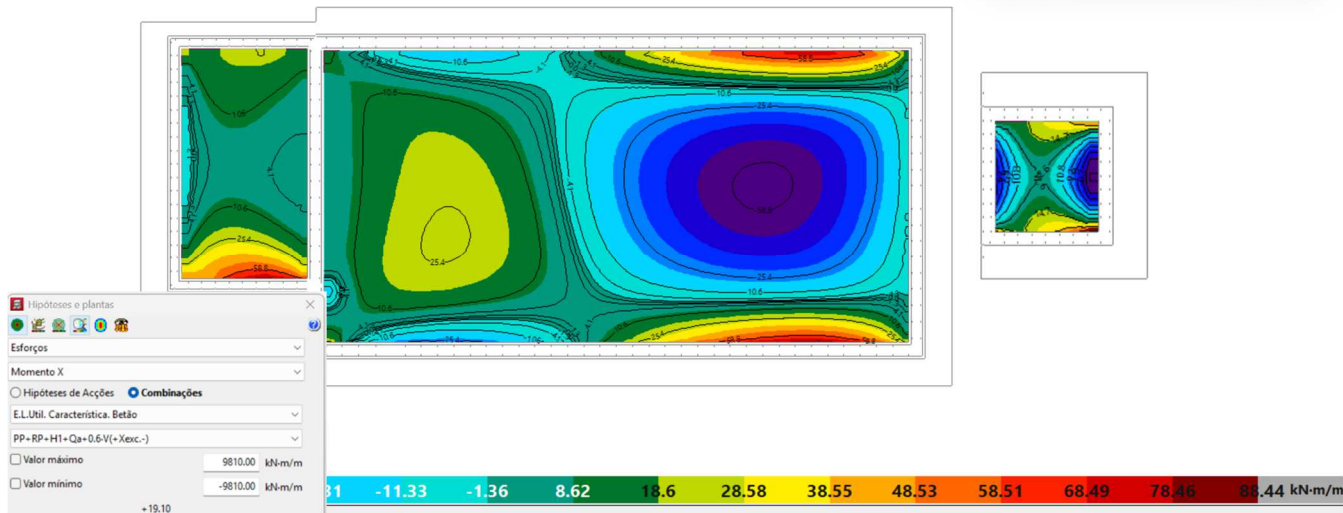
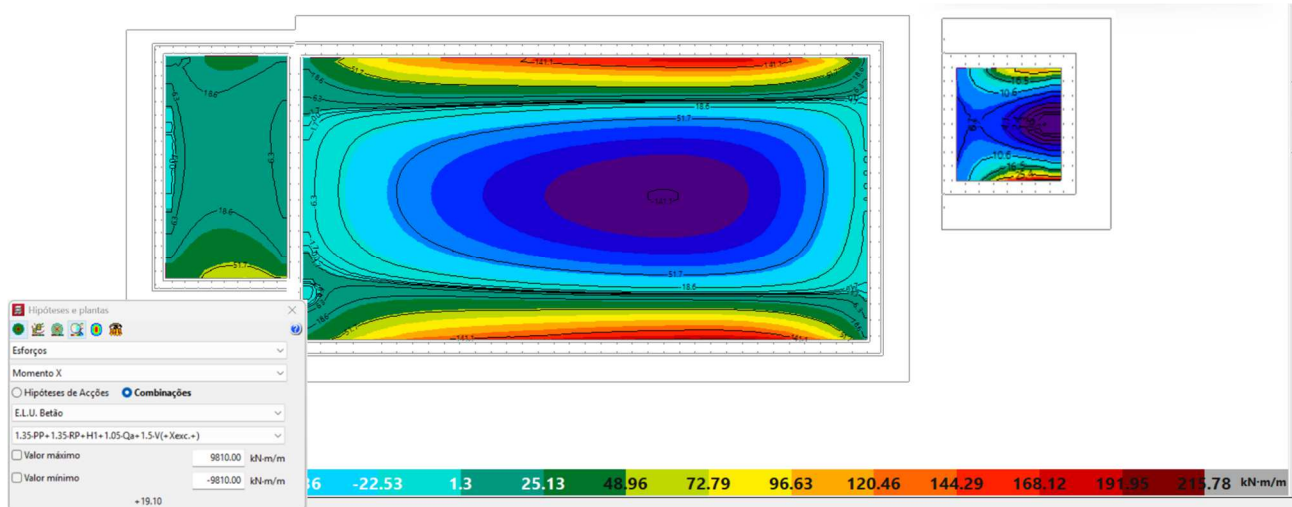
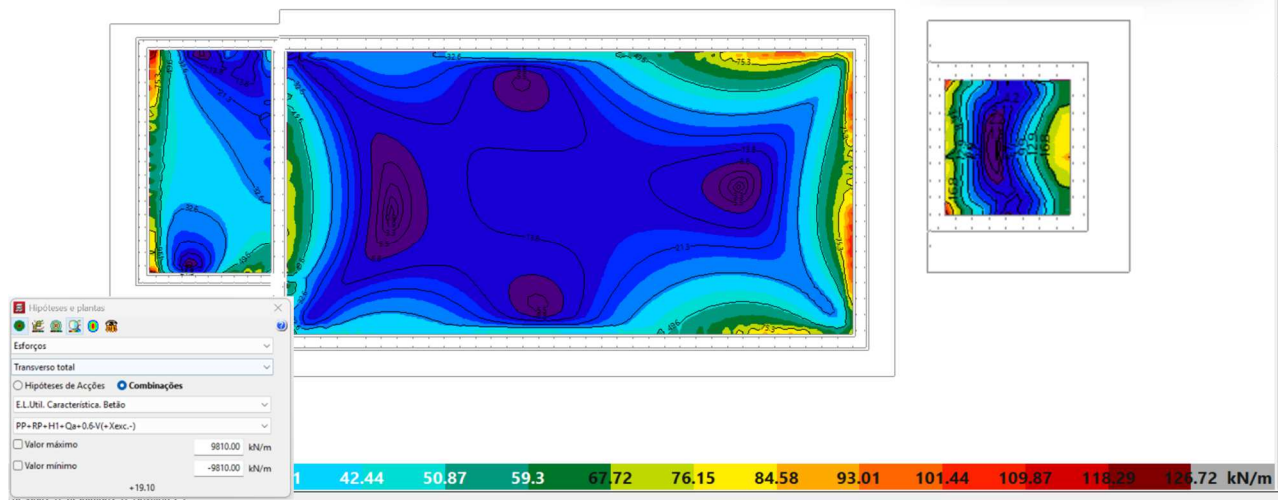
Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 80 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



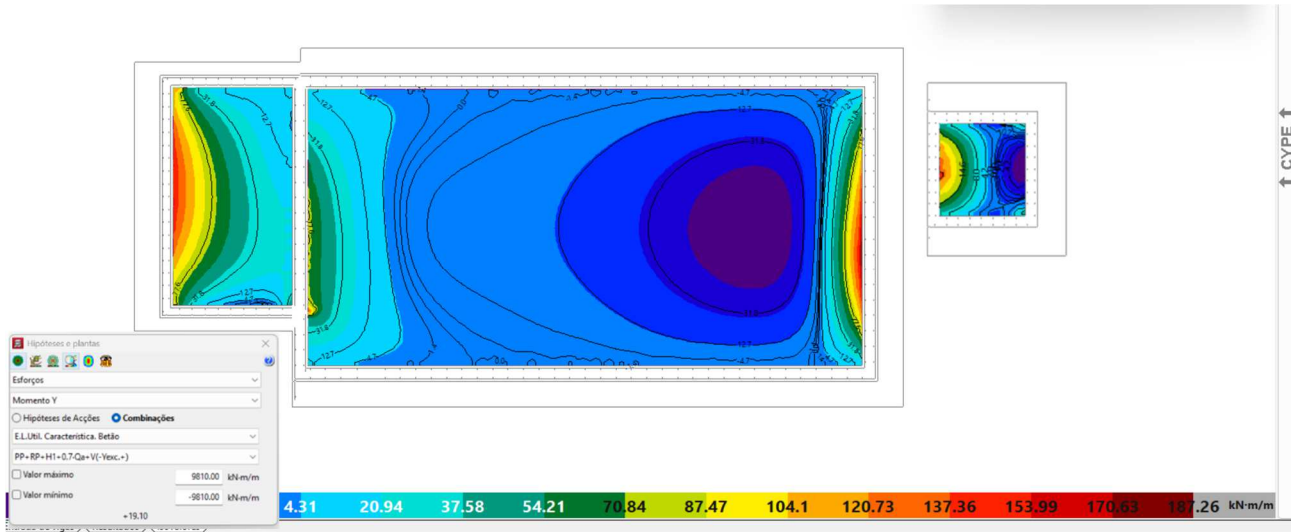
4.6.1.1.1. Esforços de dimensionamento



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 81 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

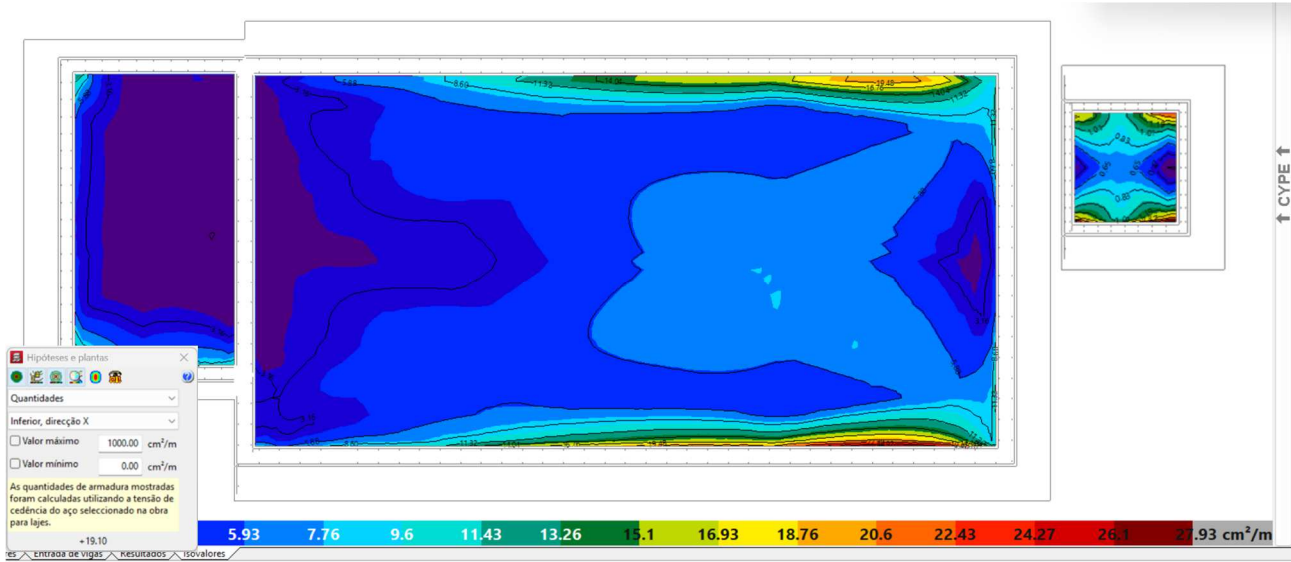


Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 82 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

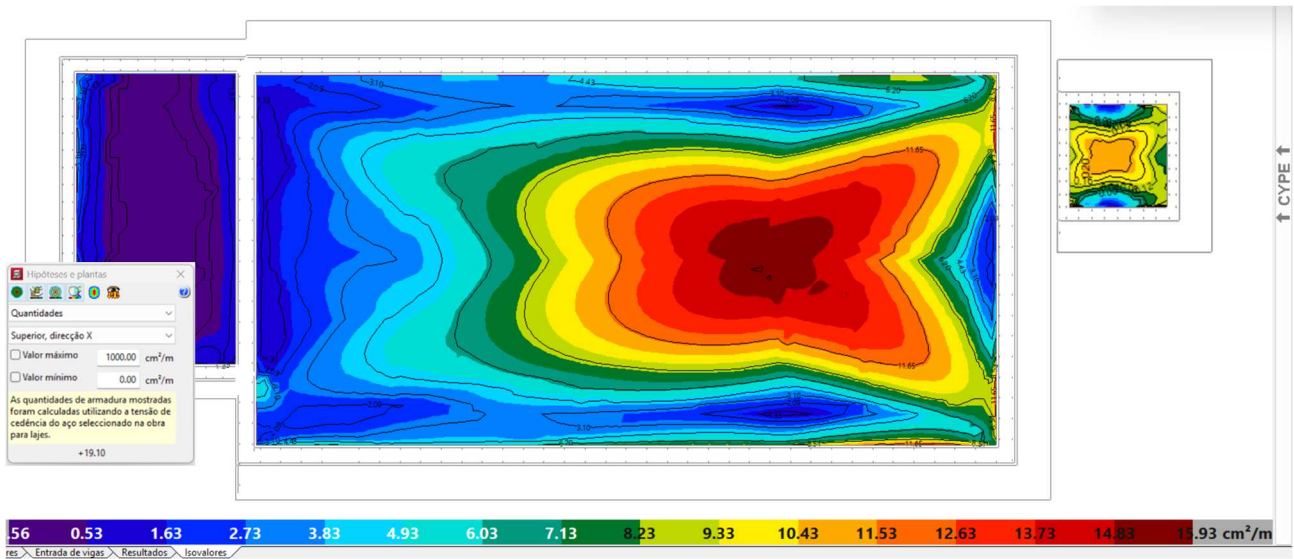
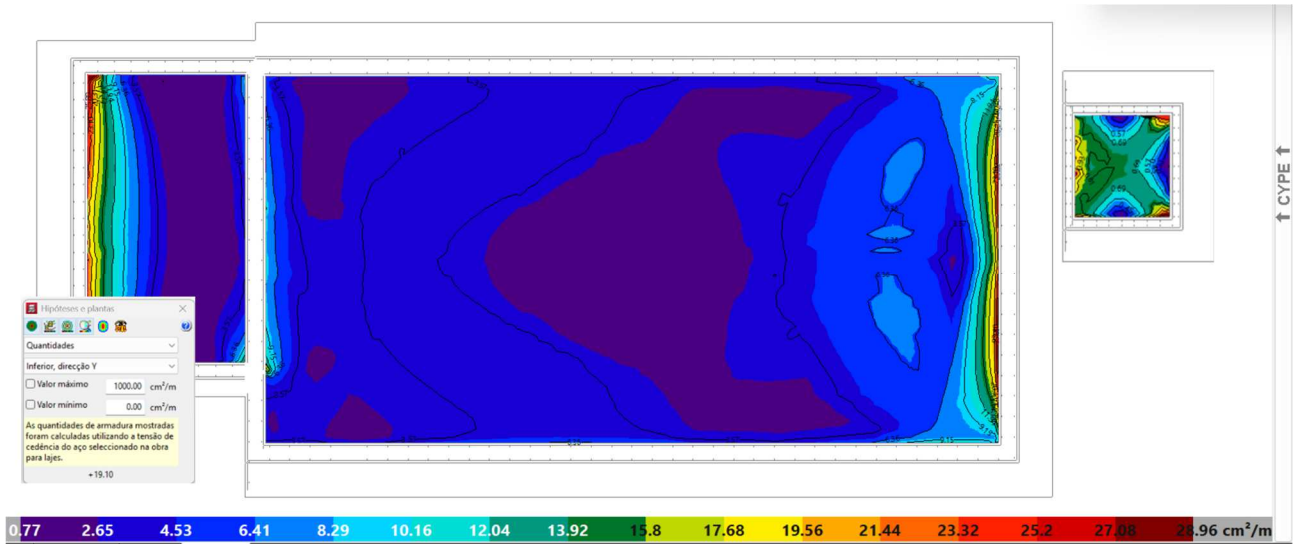


4.6.1.2. Armadura

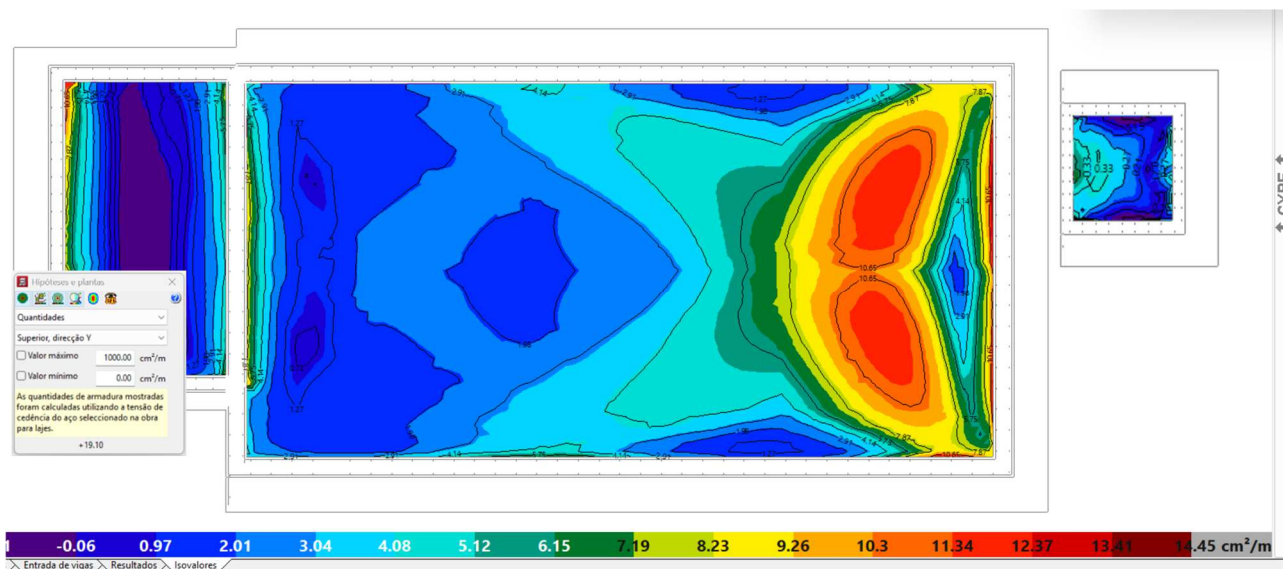
Foi previsto um reforço de base de 20/15, que será acrescentado nas zonas onde for necessário.



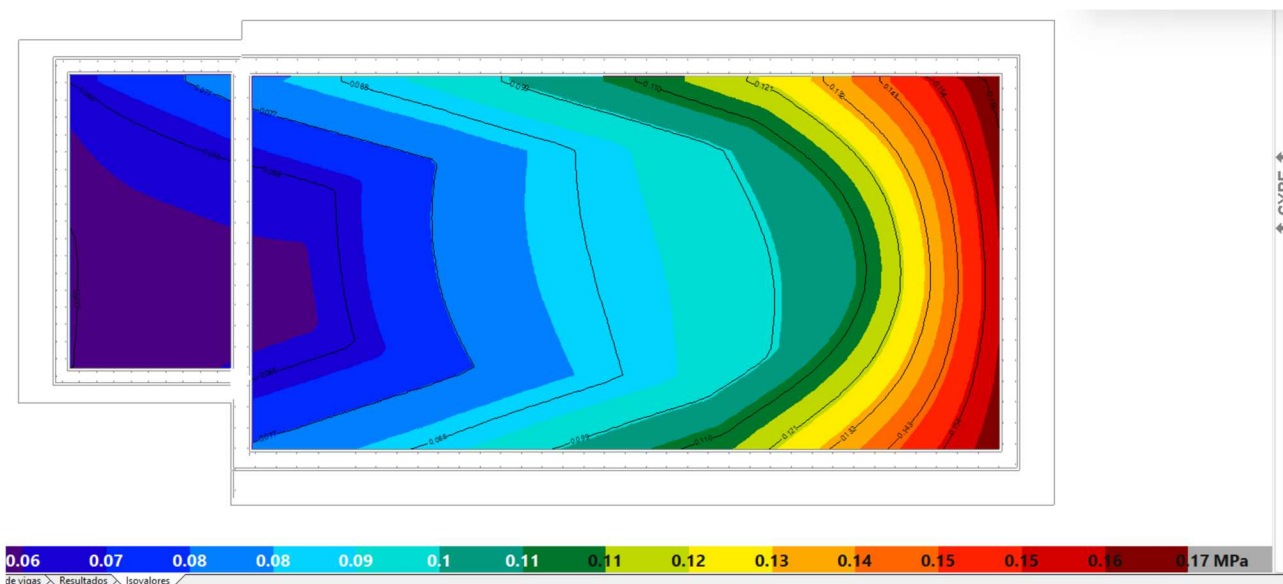
Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 83 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 84 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



4.6.1.3. Tensões no terreno



Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 85 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5. LISTA GENS

5.1. Dados gerais

VERSÃO DO PROGRAMA E NÚMERO DE LICENÇA

Versão: 2025

Número de licença: 173653

DADOS GERAIS DA ESTRUTURA

Projecto: ALGARVE

Chave: tanque de presedimentação INN

NORMAS CONSIDERADAS

Betão: Eurocódigo 2

Aços enformados: Eurocódigos 3 e 4

Aços laminados e compostos: Eurocódigos 3 e 4

Categoria de utilização: E. Almacenes

ACÇÕES CONSIDERADAS

Verticais

Planta	SOBRE. (kN/m ²)	Revest.paredes (kN/m ²)
+21.00	1.5	0.0
+19.10	1.0	2.0
17.70	5.0	2.0
FUNDAÇÕES + 14.65	5.0	2.0
FUNDAÇÕES +13.20	5.0	2.0

Vento

NP EN 1991-1-4 (2005)

Eurocódigo 1: Acções em Estruturas.

Parte 1-4: Acções Gerais - Acções de vento.

Documento Nacional de Aplicação para Portugal (NP EN 1991-1-4/NA (2010))

Zona: B (30 m/s)

Sem coeficiente de direcção

Categoria do terreno: I

Período de retorno (anos): 50

Direcção transversal (X)

Tipo de terreno: Plano

Direcção longitudinal (Y)

Tipo de terreno: Plano

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 86 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Larguras de banda		
Plantas	Largura de banda Y (m)	Largura de banda X (m)
Em todas as plantas	12.00	23.00

Realiza-se análise dos efeitos de 2ª ordem

Valor para multiplicar os deslocamentos 1.00

Coefficientes de Cargas

+X: 1.00 -X:1.00

+Y: 1.00 -Y:1.00

Cargas de vento		
Planta	Vento X (kN)	Vento Y (kN)
+21.00	13.405	26.208
+19.10	24.130	47.174
17.70	0.000	0.000
FUNDAÇÕES + 14.65	0.000	0.000

Sismo

Norma utilizada: NP EN 1998-1 (2010)

NP EN 1998-1 (2010)

Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos

Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios

Método de cálculo: Análise modal espectral (NP EN 1998-1 (2010), 4.3.3.3)

Dados gerais de sismo

Caracterização da localização

Zonamento sísmico (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): 1.2

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): 2.3

Tipo de solo (NP EN 1998-1 (2010), 3.1.2): D

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 87 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sistema estrutural

Geometria em altura (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.3.3): Regular

q_x: Factor de comportamento (X) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2) **q_x : 1.50**

q_y: Factor de comportamento (Y) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2) **q_y : 1.50**

Importância da obra (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.5 e Tabela 4.3): Categoria III

Parâmetros de cálculo

Número de modos de vibração que intervêm na análise: Segundo norma

Graus de liberdade que intervêm na análise: Não foram consideradas as plantas abaixo da rasante no modelo dinâmico

Fracção de sobrecarga **: 0.50**

Fracção de sobrecarga de neve **: 0.50**

Efeitos da componente sísmica vertical

Não se consideram

Não se realiza a análise dos efeitos de 2ª ordem

Critério de armadura a aplicar por ductilidade: Ductilidade média

Factores redutores de inércia (NP EN 1998-1 (2010), 4.3.1)

Vigas primárias face à acção sísmica: 0.5

Lajes primárias face à acção sísmica: 0.5

Pilares primários face à acção sísmica: 0.5

Paredes: 0.5

Muros: 0.5

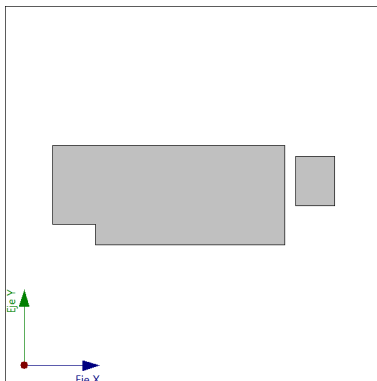
Paredes resistentes de alvenaria: 0.5

Direcções de análise

Acção sísmica segundo X

Acção sísmica segundo Y

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 88 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Projecção em planta da obra

Acções de carga

Automáticas	Peso próprio Revestimentos e paredes Sobrecarga Sismo X 1 Sismo X 2 Sismo Y 1 Sismo Y 2 Vento +X exc.+ Vento +X exc.- Vento -X exc.+ Vento -X exc.- Vento +Y exc.+ Vento +Y exc.- Vento -Y exc.+ Vento -Y exc.-		
Adicionais	Referência	Descrição	Natureza
	H 1		Impulsos do terreno
	N 1		Neve
	Imp + Conv x	Impulsiva + convectiva X	Acidental
	Imp + conv Y	Impulsitva más convectiva Y	Acidental

Diagramas de pressões sobre muros

Impulsos do terreno			
Referência	Hipótese	Descrição	Muro
Empuje de Defecto	Revestimentos e paredes	Com nível freático: Cota -1.00 m Com maciço terroso: Cota 0.00 m Ângulo do talude 0.00 Graus Densidade aparente 21.20 kN/m³ Densidade submersa 11.00 kN/m³ Ângulo atrito interno 16.00 Graus Evacuação por drenagem 100.00 % Carga 1: Tipo: Uniforme	M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M9, M10, M11, M12, M13, M14, M15, M16

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 89 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Impulsos do terreno			
Referência	Hipótese	Descrição	Muro
		Valor: 10.00 kN/m ²	

Diagramas de pressões genéricas					
Referência	Hipótese	Pressão		Descrição	Muro
		Cota (m)	Valor (kN/m ²)		
Lamina de agua	Sobrecarga	- 4.90 1.00	49.0 0.0	COTA DE AGUA	M1, M2, M3, M4, M8, M9, M10, M14, M15, M16, M17
Impulsiva + convectiva X	Imp + Conv x	- 4.90 1.00	61.20 23.10		M1, M2, M9, M10, M11, M14, M15
Impulsiva + convectiv Y	Imp + conv Y	- 4.90 1.00	65.77 18.70		M3, M4, M8, M12, M13, M16, M17
Lamina de agua 2	Sobrecarga	- 2.85 0.80	3.65 0.0		M9, M11, M12, M13

Listagem de cargas

Cargas especiais introduzidas (em kN, kN/m e kN/m²)

Grupo	Hipótese	Tipo	Valor	Coordenadas
FUNDAÇÕES +13.20	Sobrecarga	Superficial	50.00	(186.80,4.55) (186.68,-6.51) (208.57,-6.49) (208.57,4.53)
	Sobrecarga	Superficial	10.00	(182.75,3.42) (182.75,-4.10) (186.31,-4.10) (186.35,3.42)
FUNDAÇÕES + 14.65	Sobrecarga	Superficial	45.00	(210.72,2.27) (210.70,-0.94) (213.69,-0.89) (213.66,2.25)

ESTADOS LIMITE

E.L.U. Betão E.L.U. Betão em fundações E.L.Util Fendilhação. Betão em fundações Tensões sobre o terreno (A2 - Conjunto C)	EC Neve: Altitude inferior ou igual a 1000 m
Deslocamentos	Ações características

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 90 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

SITUAÇÕES DE PROJECTO

Para as distintas situações de projecto, as combinações de acções serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Combinações fundamentais

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Combinações sísmicas

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Combinações acidentais

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Ad} A_d + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Ad} A_d + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Em que:

G_k Acção permanente

P_k Acção de pré-esforço

Q_k Acção variável

A_E Acção sísmica

A_d Acção accidental

γ_G Coeficiente parcial de segurança das acções permanentes

γ_P Coeficiente parcial de segurança da acção de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da acção variável principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das acções variáveis de acompanhamento

γ_{AE} Coeficiente parcial de segurança da acção sísmica

γ_{Ad} Coeficiente parcial de segurança da acção accidental

$\Psi_{p,1}$ Coeficiente de combinação da acção variável principal

$\Psi_{a,i}$ Coeficiente de combinação das acções variáveis de acompanhamento

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 91 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Coeficientes parciais de segurança (γ) e coeficientes de combinação (ψ)

Para cada situação de projecto e estado limite os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Betão: Eurocódigo 2

E.L.U. Betão em fundações: Eurocódigo 2

Persistente ou transitória				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	1.000
Vento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Neve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.350	-	-

Sísmica				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.800	0.800
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Neve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:
⁽¹⁾ Fracção das solicitações sísmicas a considerar na direcção ortogonal: As solicitações obtidas dos resultados da análise em cada uma das direcções ortogonais serão combinadas com o 30 % dos da outra.

Acidental				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.800	0.800
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Neve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-
Acidental (A)	1.000	1.000	-	-

E.L.Util Fendilhação. Betão em fundações: Eurocódigo 2

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 92 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Quase permanente				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.800	0.800
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Neve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-

Tensões sobre o terreno (A2 - Conjunto C)

Persistente ou transitória				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.300	1.000	1.000
Vento (Q)	0.000	1.300	1.000	0.600
Neve (Q)	0.000	1.300	1.000	0.500
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-

Sísmica				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.800	0.800
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Neve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:

⁽¹⁾ Fração das solicitações sísmicas a considerar na direcção ortogonal: As solicitações obtidas dos resultados da análise em cada uma das direcções ortogonais serão combinadas com o 30 % dos da outra.

Acidental				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.800	0.800
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Neve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000	-	-

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 93 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Acidental				
	Coeficientes parciais (γ)		Coeficientes (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Acidental (A)	1.000	1.000	-	-

Deslocamentos

Acções variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)	0.000	1.000
Neve (Q)	0.000	1.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciais (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)		
Neve (Q)	0.000	1.000
Impulsos do terreno (H)	1.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

Combinações

■ Nomes das acções

PP	Peso próprio
RP	Revestimentos e paredes
H 1	H 1
Qa	Sobrecarga
V(+X exc.+)	Vento +X exc.+
V(+X exc.-)	Vento +X exc.-
V(-X exc.+)	Vento -X exc.+
V(-X exc.-)	Vento -X exc.-
V(+Y exc.+)	Vento +Y exc.+
V(+Y exc.-)	Vento +Y exc.-
V(-Y exc.+)	Vento -Y exc.+
V(-Y exc.-)	Vento -Y exc.-
N 1	N 1
SisX 1	Sismo X 1

Cliente		Empreiteiro EPC			
					
Projeto n.º	Projeto		Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)		18/02/2025	01.0	94 de 288
Código AdA			Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001			AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 95 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 96 de 288	
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001			

Comb.	PP	RP	H 1	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	N 1	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2	Imp + Conv x	Imp + conv Y
133	1.000	1.000	1.350								1.500								
134	1.350	1.350	1.350								1.500								
135	1.000	1.000	1.350	1.500							1.500								
136	1.350	1.350	1.350	1.500							1.500								
137	1.000	1.000	1.350									1.500							
138	1.350	1.350	1.350									1.500							
139	1.000	1.000	1.350	1.500								1.500							
140	1.350	1.350	1.350	1.500								1.500							
141	1.000	1.000	1.350										1.500						
142	1.350	1.350	1.350										1.500						
143	1.000	1.000	1.350	1.500									1.500						
144	1.350	1.350	1.350	1.500									1.500						
145	1.000	1.000	1.350		0.900								1.500						
146	1.350	1.350	1.350		0.900								1.500						
147	1.000	1.000	1.350	1.500	0.900								1.500						
148	1.350	1.350	1.350	1.500	0.900								1.500						
149	1.000	1.000	1.350			0.900							1.500						
150	1.350	1.350	1.350			0.900							1.500						
151	1.000	1.000	1.350	1.500		0.900							1.500						
152	1.350	1.350	1.350	1.500		0.900							1.500						
153	1.000	1.000	1.350				0.900						1.500						
154	1.350	1.350	1.350				0.900						1.500						
155	1.000	1.000	1.350	1.500			0.900						1.500						
156	1.350	1.350	1.350	1.500			0.900						1.500						
157	1.000	1.000	1.350					0.900					1.500						
158	1.350	1.350	1.350					0.900					1.500						
159	1.000	1.000	1.350	1.500				0.900					1.500						
160	1.350	1.350	1.350	1.500				0.900					1.500						
161	1.000	1.000	1.350						0.900				1.500						
162	1.350	1.350	1.350						0.900				1.500						
163	1.000	1.000	1.350	1.500					0.900				1.500						
164	1.350	1.350	1.350	1.500					0.900				1.500						
165	1.000	1.000	1.350							0.900			1.500						
166	1.350	1.350	1.350							0.900			1.500						
167	1.000	1.000	1.350	1.500						0.900			1.500						
168	1.350	1.350	1.350	1.500						0.900			1.500						
169	1.000	1.000	1.350								0.900		1.500						
170	1.350	1.350	1.350								0.900		1.500						
171	1.000	1.000	1.350	1.500							0.900		1.500						
172	1.350	1.350	1.350	1.500							0.900		1.500						
173	1.000	1.000	1.350									0.900	1.500						
174	1.350	1.350	1.350									0.900	1.500						
175	1.000	1.000	1.350	1.500								0.900	1.500						
176	1.350	1.350	1.350	1.500								0.900	1.500						
177	1.000	1.000	1.350		1.500								0.750						
178	1.350	1.350	1.350		1.500								0.750						
179	1.000	1.000	1.350	1.500	1.500								0.750						
180	1.350	1.350	1.350	1.500	1.500								0.750						
181	1.000	1.000	1.350			1.500							0.750						
182	1.350	1.350	1.350			1.500							0.750						
183	1.000	1.000	1.350	1.500		1.500							0.750						
184	1.350	1.350	1.350	1.500		1.500							0.750						
185	1.000	1.000	1.350				1.500						0.750						
186	1.350	1.350	1.350				1.500						0.750						
187	1.000	1.000	1.350	1.500			1.500						0.750						
188	1.350	1.350	1.350	1.500			1.500						0.750						
189	1.000	1.000	1.350					1.500					0.750						
190	1.350	1.350	1.350					1.500					0.750						
191	1.000	1.000	1.350	1.500				1.500					0.750						
192	1.350	1.350	1.350	1.500				1.500					0.750						
193	1.000	1.000	1.350						1.500				0.750						
194	1.350	1.350	1.350						1.500				0.750						
195	1.000	1.000	1.350	1.500					1.500				0.750						
196	1.350	1.350	1.350	1.500					1.500				0.750						
197	1.000	1.000	1.350							1.500			0.750						
198	1.350	1.350	1.350							1.500			0.750						
199	1.000	1.000	1.350	1.500						1.500			0.750						
200	1.350	1.350	1.350	1.500						1.500			0.750						
201	1.000	1.000	1.350								1.500		0.750						
202	1.350	1.350	1.350								1.500		0.750						
203	1.000	1.000	1.350	1.500							1.500		0.750						
204	1.350	1.350	1.350	1.500							1.500		0.750						
205	1.000	1.000	1.350									1.500	0.750						
206	1.350	1.350	1.350									1.500	0.750						

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 97 de 288	
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001			

Comb.	PP	RP	H 1	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	N 1	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2	Imp + Conv x	Imp + conv Y
207	1.000	1.000	1.350	1.500									1.500	0.750					
208	1.350	1.350	1.350	1.500									1.500	0.750					
209	1.000	1.000	1.000												-0.300	-1.000			
210	1.000	1.000	1.000	0.800											-0.300	-1.000			
211	1.000	1.000	1.000													-0.300	-1.000		
212	1.000	1.000	1.000	0.800												-0.300	-1.000		
213	1.000	1.000	1.000											0.300	-1.000				
214	1.000	1.000	1.000	0.800										0.300	-1.000				
215	1.000	1.000	1.000												0.300	-1.000			
216	1.000	1.000	1.000	0.800											0.300	-1.000			
217	1.000	1.000	1.000											-1.000	-0.300				
218	1.000	1.000	1.000	0.800										-1.000	-0.300				
219	1.000	1.000	1.000												-1.000	-0.300			
220	1.000	1.000	1.000	0.800											-1.000	-0.300			
221	1.000	1.000	1.000											-1.000	0.300				
222	1.000	1.000	1.000	0.800										-1.000	0.300				
223	1.000	1.000	1.000												-1.000	0.300			
224	1.000	1.000	1.000	0.800											-1.000	0.300			
225	1.000	1.000	1.000											0.300	1.000				
226	1.000	1.000	1.000	0.800										0.300	1.000				
227	1.000	1.000	1.000												0.300	1.000			
228	1.000	1.000	1.000	0.800											0.300	1.000			
229	1.000	1.000	1.000											-0.300	1.000				
230	1.000	1.000	1.000	0.800										-0.300	1.000				
231	1.000	1.000	1.000												-0.300	1.000			
232	1.000	1.000	1.000	0.800											-0.300	1.000			
233	1.000	1.000	1.000											1.000	0.300				
234	1.000	1.000	1.000	0.800										1.000	0.300				
235	1.000	1.000	1.000												1.000	0.300			
236	1.000	1.000	1.000	0.800											1.000	0.300			
237	1.000	1.000	1.000											1.000	-0.300				
238	1.000	1.000	1.000	0.800										1.000	-0.300				
239	1.000	1.000	1.000												1.000	-0.300			
240	1.000	1.000	1.000	0.800											1.000	-0.300			
241	1.000	1.000	1.000															1.000	1.000
242	1.000	1.000	1.000	0.800														1.000	1.000

■ E.L.Util Fendilhação. Betão em fundações

Comb.	PP	RP	H 1	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	N 1	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2	Imp + Conv x	Imp + conv Y
1	1.000	1.000	1.000																
2	1.000	1.000	1.000	0.800															

■ Tensões sobre o terreno (A2 - Conjunto C)

Comb.	PP	RP	H 1	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	N 1	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2	Imp + Conv x	Imp + conv Y
1	1.000	1.000	1.000																
2	1.000	1.000	1.000	1.300															
3	1.000	1.000	1.000		1.300														
4	1.000	1.000	1.000	1.300	1.300														
5	1.000	1.000	1.000			1.300													
6	1.000	1.000	1.000	1.300		1.300													
7	1.000	1.000	1.000				1.300												
8	1.000	1.000	1.000	1.300			1.300												
9	1.000	1.000	1.000					1.300											
10	1.000	1.000	1.000	1.300				1.300											
11	1.000	1.000	1.000						1.300										
12	1.000	1.000	1.000	1.300					1.300										
13	1.000	1.000	1.000							1.300									
14	1.000	1.000	1.000	1.300						1.300									
15	1.000	1.000	1.000								1.300								
16	1.000	1.000	1.000	1.300						1.300									
17	1.000	1.000	1.000								1.300								
18	1.000	1.000	1.000	1.300							1.300								
19	1.000	1.000	1.000									1.300							

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)		Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 99 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001			Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

■ **Deslocamentos**

Comb.	PP	RP	H 1	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	N 1	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2	Imp + Conv x	Imp + conv Y
1	1.000	1.000	1.000																
2	1.000	1.000	1.000	1.000															
3	1.000	1.000	1.000		1.000														
4	1.000	1.000	1.000	1.000															
5	1.000	1.000	1.000			1.000													
6	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000													
7	1.000	1.000	1.000				1.000												
8	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000												
9	1.000	1.000	1.000					1.000											
10	1.000	1.000	1.000	1.000				1.000											
11	1.000	1.000	1.000						1.000										
12	1.000	1.000	1.000	1.000					1.000										
13	1.000	1.000	1.000							1.000									
14	1.000	1.000	1.000	1.000						1.000									
15	1.000	1.000	1.000								1.000								
16	1.000	1.000	1.000	1.000						1.000									
17	1.000	1.000	1.000									1.000							
18	1.000	1.000	1.000	1.000								1.000							
19	1.000	1.000	1.000										1.000						
20	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000						
21	1.000	1.000	1.000		1.000									1.000					
22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000					
23	1.000	1.000	1.000			1.000								1.000					
24	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000								1.000					
25	1.000	1.000	1.000				1.000							1.000					
26	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000							1.000					
27	1.000	1.000	1.000					1.000						1.000					
28	1.000	1.000	1.000	1.000				1.000						1.000					
29	1.000	1.000	1.000						1.000					1.000					
30	1.000	1.000	1.000	1.000					1.000					1.000					
31	1.000	1.000	1.000							1.000				1.000					
32	1.000	1.000	1.000	1.000						1.000				1.000					
33	1.000	1.000	1.000								1.000			1.000					
34	1.000	1.000	1.000	1.000							1.000			1.000					
35	1.000	1.000	1.000									1.000		1.000					
36	1.000	1.000	1.000	1.000								1.000	1.000						
37	1.000	1.000	1.000											-1.000					
38	1.000	1.000	1.000	1.000										-1.000					
39	1.000	1.000	1.000										1.000	-1.000					
40	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000	-1.000					
41	1.000	1.000	1.000											1.000					
42	1.000	1.000	1.000	1.000										1.000					
43	1.000	1.000	1.000										1.000	1.000					
44	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000	1.000					
45	1.000	1.000	1.000												-1.000				
46	1.000	1.000	1.000	1.000											-1.000				
47	1.000	1.000	1.000										1.000		-1.000				
48	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000		-1.000				
49	1.000	1.000	1.000												1.000				
50	1.000	1.000	1.000	1.000											1.000				
51	1.000	1.000	1.000										1.000	1.000					
52	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000	1.000					
53	1.000	1.000	1.000													-1.000			
54	1.000	1.000	1.000	1.000												-1.000			
55	1.000	1.000	1.000										1.000			-1.000			
56	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000			-1.000			
57	1.000	1.000	1.000												1.000				
58	1.000	1.000	1.000	1.000												1.000			
59	1.000	1.000	1.000										1.000			1.000			
60	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000			1.000			
61	1.000	1.000	1.000														-1.000		
62	1.000	1.000	1.000	1.000													-1.000		
63	1.000	1.000	1.000										1.000				-1.000		
64	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000				-1.000		
65	1.000	1.000	1.000														1.000		
66	1.000	1.000	1.000	1.000													1.000		
67	1.000	1.000	1.000										1.000				1.000		
68	1.000	1.000	1.000	1.000									1.000				1.000		

Cliente		Empreiteiro EPC			
					
Projeto n.º	Projeto		Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)		18/02/2025	01.0	100 de 288
Código AdA			Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001			AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referência	Tipo muro	GI- GF	Vértices		Planta	Dimensões
			Inicial	Final		Esquerda+Direita=Total
M1	Muro de betão armado	0-3	(186.55, 4.72)	(188.38, 4.72)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M2	Muro de betão armado	0-3	(186.55, -6.68)	(188.38, -6.68)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M3	Muro de betão armado	0-3	(208.75, -6.68)	(208.75, -1.18)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M4	Muro de betão armado	0-3	(186.55, -6.68)	(186.55, -4.28)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M5	Muro de betão armado	0-2	(181.35, 4.72)	(186.55, 4.72)	2	0.25+0.25=0.5
					1	0.25+0.25=0.5

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 101 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referência	Tipo muro	GI- GF	Vértices		Planta	Dimensões
			Inicial	Final		Esquerda+Direita=Total
M6	Muro de betão armado	0-2	(181.35, -4.28)	(181.35, 4.72)	2	0.25+0.25=0.5
					1	0.25+0.25=0.5
M7	Muro de betão armado	0-2	(181.35, -4.28)	(186.55, -4.28)	2	0.25+0.25=0.5
					1	0.25+0.25=0.5
M8	Muro de betão armado	0-3	(186.55, -4.28)	(186.55, 4.72)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M9	Muro de betão armado	0-3	(188.38, -6.68)	(189.22, -6.68)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M10	Muro de betão armado	0-3	(188.38, 4.72)	(189.22, 4.72)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M9	Muro de betão armado	1-2	(210.47, 2.52)	(213.87, 2.52)	2	0.2+0.2=0.4
M11	Muro de betão armado	1-2	(210.47, -1.08)	(213.87, -1.08)	2	0.2+0.2=0.4
M12	Muro de betão armado	1-2	(213.87, -1.08)	(213.87, 2.52)	2	0.2+0.2=0.4
M13	Muro de betão armado	1-2	(210.47, -1.08)	(210.47, 2.52)	2	0.2+0.2=0.4
M14	Muro de betão armado	0-3	(189.22, 4.72)	(208.75, 4.72)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M15	Muro de betão armado	0-3	(189.22, -6.68)	(208.75, -6.68)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M16	Muro de betão armado	0-3	(208.75, 2.42)	(208.75, 4.72)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6
M17	Muro de betão armado	0-3	(208.75, -1.18)	(208.75, 2.42)	3	0.3+0.3=0.6
					2	0.3+0.3=0.6
					1	0.3+0.3=0.6

Sapata do muro

Referência	Sapata do muro	
M1	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:1.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M2	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M3	Viga de fundação: 1.600 x 0.800 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.80 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 102 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referência	Sapata do muro	
M4	Viga de fundação: 0.600 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M5	Viga de fundação: 1.000 x 0.700 Consolas: esq.:0.50 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M6	Viga de fundação: 1.500 x 0.700 Consolas: esq.:1.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 100000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M7	Viga de fundação: 1.000 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:0.50 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 100000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M8	Viga de fundação: 0.600 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M9	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M10	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:1.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M9	Viga de fundação: 1.400 x 0.700 Consolas: esq.:1.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M11	Viga de fundação: 1.400 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 103 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Referência	Sapata do muro	
M12	Viga de fundação: 1.400 x 0.800 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.80 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M13	Viga de fundação: 0.400 x 0.900 Consolas: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.90 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M14	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:1.00 dir.:0.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M15	Viga de fundação: 1.600 x 0.700 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.70 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M16	Viga de fundação: 1.600 x 0.800 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.80 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis
M17	Viga de fundação: 1.600 x 0.800 Consolas: esq.:0.00 dir.:1.00 altura:0.80 -Combinações fundamentais (A2 - Conjunto C): 0.150 MPa -Combinações acidentais (A2 - Conjunto C): 0.300 MPa Módulo de Winkler: 10000.00 kN/m ³	Tensões admissíveis

DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENCASTRAMENTO E COEFICIENTES DE ENCURVADURA PARA CADA PISO

P1, P3						
Planta	Dimensões (cm)	Coeficiente de encastramento		Coeficiente de encurvadura		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
4	45x45	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
3	45x45	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 104 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

P2						
Planta	Dimensões (cm)	Coeficiente de encastramento		Coeficiente de encurvadura		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
4	40x55	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00

P4						
Planta	Dimensões (cm)	Coeficiente de encastramento		Coeficiente de encurvadura		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
4	45x45	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00

5.2. Ação do vento

Norma utilizada: NP EN 1991-1-4 (2005)

Eurocódigo 1: Acções sobre as estruturas - Parte 1-4: Acções gerais - Acções do vento. Documento de Aplicação para Portugal.

Método de cálculo: Procedimento analítico (EN 1991-1-4 (2005), 5.1)

Dados gerais

Considera-se acção do vento na direcção X

Considera-se acção do vento na direcção Y

Dados da localização

V: Velocidade de referência (NP EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

V : 30.0 m/s

Período de retorno: 50 anos

Categoria do terreno (NP EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

Categoria I

Orografia do terreno (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

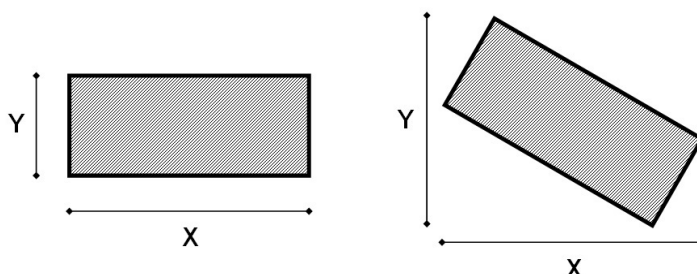
Direcção X [0°- 180°]: Plano

Direcção Y [90°- 270°]: Plano

Larguras de banda

Larguras de banda são os comprimentos da fachada exposta na direcção perpendicular à acção do vento.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 105 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Planta	Largura X (m)	Largura Y (m)
+21.00	23.00	12.00
+19.10	23.00	12.00

Coefficientes aplicados à acção do vento

+X: 1.00 **-X:** 1.00

+Y: 1.00 **-Y:** 1.00

Pressão dinâmica

A pressão dinâmica de pico, q_p , à altura z , deve ser calculada usando a seguinte expressão:

$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot I_v(z) \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

Parâmetros necessários para a obtenção da pressão dinâmica

v_m : Velocidade média do vento (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.1)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

v_b : Velocidade de referência do vento (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{prob} \cdot v_{b,0}$$

$v_{b,0}$: Valor básico da velocidade de referência do vento (NP EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$v_{b,0}$: 30.0 m/s

c_{dir} : Coeficiente de direcção (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

c_{season} : Coeficiente de sazão (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

c_{season} : 1.00

c_{prob} : Coeficiente de probabilidade (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

c_{prob} : 1.00

$$c_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^n$$

K : 0.1

n : 1.0

p : Período de retorno

p : 50 anos

$c_r(z)$: Coeficiente de rugosidade (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 106 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

c₀(z): Coeficiente de orografia (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

ρ: Massa volúmica do ar (EN 1991-1-4 (2005), 4.5)

ρ : 1.25 kg/m³

I_v(z): Intensidade de turbulência à altura z (EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

k₁: Coeficiente de turbulência

k₁ : 1.00

c₀: Coeficiente de orografia (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

z₀: Comprimento da rugosidade (EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

z_{min}: Altura mínima (EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

Coeficiente de rugosidade

c_r(z): Coeficiente de rugosidade (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad z_{\min} \leq z$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0/0.05)^{0.07}$$

Parâmetros do terreno (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 4.1)

Direcção	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
Exposição	Categoria I	Categoria I	Categoria I	Categoria I
z ₀ (m)	0.01	0.01	0.01	0.01
z _{min} (m)	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeficiente de rugosidade por planta (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

c _r (z)				
Exposição	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
+21.00	1.06	1.06	1.06	1.06
+19.10	1.06	1.06	1.06	1.06

c _r (h)				
Exposição	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
h	1.06	1.06	1.06	1.06

Factor topográfico

c₀: Coeficiente de orografia (EN 1991-1-4 (2005), A.3)

$$c_o = 1$$

$$\Phi < 0.05$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 107 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$c_o = 1 + 2 \cdot s \cdot \Phi \quad 0.05 < \Phi < 0.3$$

$$c_o = 1 + 0.6 \cdot s \quad \Phi > 0.3$$

s: Coeficiente de localização orográfica (EN 1991-1-4 (2005), Figuras A.2 e A.3)

Φ: Vertente virada a barlavento (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Coeficiente de localização orográfica (EN 1991-1-4 (2005), Figuras A.2 e A.3)

Factor topográfico s(z)				
Direcção	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
+21.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+19.10	0.00	0.00	0.00	0.00

Factor topográfico s(h)				
Direcção	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
h	0.00	0.00	0.00	0.00

Coeficiente de orografia (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

c ₀ (z)				
Direcção	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
+21.00	1.00	1.00	1.00	1.00
+19.10	1.00	1.00	1.00	1.00

c ₀ (h)				
Direcção	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
h	1.00	1.00	1.00	1.00

Pressão dinâmica por planta

A pressão dinâmica de pico, q_p , à altura (EN 1991-1-4 (2005), 4.5), deve ser calculada usando a seguinte expressão:

q _p (z) (kN/m²)				
Planta	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
+21.00	1.31	1.31	1.31	1.31
+19.10	1.31	1.31	1.31	1.31

q _p (h) (kN/m²)				
Planta	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
h	1.31	1.31	1.31	1.31

Pressão de cálculo

As pressões de cálculo exercidas pelo vento para o sistema principal resistente à força do vento devem ser determinadas através da seguinte expressão:

$$w = \left(q_p(z) C_{pe,u} - q_p(h) C_{pe,d} \right) \cdot c_s c_d \quad (\text{EN 1991-1-4 (2005), 5.2 e fig. 5.1})$$

Onde:

q_p(z): Pressão dinâmica de pico à altura z

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 108 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$q_p(h)$: Pressão dinâmica de pico à altura h
 $C_{pe,u}$: Coeficiente de pressão exterior a barlavento
 $C_{pe,d}$: Coeficiente de pressão exterior a sotavento
 $C_s C_d$: Coeficiente estrutural (EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1)

Coeficientes de pressão

Direcção X [0°- 180°]

$C_{pe,u}$: Coeficiente de pressão exterior a barlavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 7.1) $C_{pe,u} : 0.60$
 $C_{pe,d}$: Coeficiente de pressão exterior a sotavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 7.1) $C_{pe,d} : -0.25$
 h/d : Relação $h/d : 0.2$
 h : Altura da estrutura $h : 3.60$ m
 d : Profundidade da construção (comprimento paralelo à direcção do vento) $d : 23.00$ m
 b : Largura da construção (comprimento perpendicular à direcção do vento) $b : 12.00$ m

Direcção Y [90°- 270°]

$C_{pe,u}$: Coeficiente de pressão exterior a barlavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 7.1) $C_{pe,u} : 0.60$
 $C_{pe,d}$: Coeficiente de pressão exterior a sotavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 7.1) $C_{pe,d} : -0.27$
 h/d : Relação $h/d : 0.3$
 h : Altura da estrutura $h : 3.60$ m
 d : Profundidade da construção (comprimento paralelo à direcção do vento) $d : 12.00$ m
 b : Largura da construção (comprimento perpendicular à direcção do vento) $b : 23.00$ m

Coeficiente de efeito de rajada

Frequência fundamental

n_1 : Frequência fundamental $n_1 : 12.78$ Hz

$$n_1 = \frac{46}{h}$$
 h : Altura da estrutura $h : 3.60$ m

Coeficiente estrutural

O coeficiente estrutural determina-se através da expressão:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (\text{EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1})$$

$I_v(z)$: Intensidade de turbulência à altura z (EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 109 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

z_s: Altura de referência

$$z_s = \text{MAX}(0,6 \cdot h, z_{\min})$$

h: Altura da estrutura

h : 3.60 m

k₁: Coeficiente de turbulência

k₁ : 1.00

c₀: Coeficiente de orografia (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

z₀: Comprimento da rugosidade (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 4.1)

z_{min}: Altura mínima (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 4.1)

k_p: Factor de pico (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$k_p = \text{MAX} \left(\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}, 3 \right)$$

T: Duração de integração da velocidade média do vento

T : 600 s

v: Frequência de passagens ascendentes

$$v = n_1 \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \geq 0.08$$

n₁: Frequência fundamental

$$n_1 = \frac{46}{h}$$

h: Altura da estrutura

h : 3.60 m

B²: Coeficiente de resposta quase-estática (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0.63}}$$

b: Largura da construção (comprimento perpendicular à direcção do vento)

h: Altura da estrutura

L(z): Escala de turbulência

$$L(z) = L_t \left(\frac{z}{z_t} \right)^\alpha \quad z \geq z_{\min}$$

$$L(z) = L(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 110 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$L_t = 300m; z_t = 200m; \alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_0)$$

R²: Factor de resposta em ressonância (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_1) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b)$$

δ: Decremento logarítmico total de amortecimento

δ : 0.10

s_L(z,n): (EN 1991-1-4 (2005), B.1)

$$s_L(z, n) = \frac{6.8 \cdot f_L(z, n)}{(1 + 10.2 \cdot f_L(z, n))^{5/3}}$$

$$f_L(z_s, n_{1x}) = \frac{n_1 \cdot L(z)}{v_m(z)}$$

R_h, R_b: Funções de admitância aerodinâmica (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6h}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

$$R_b = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6b}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

Parâmetros do terreno (EN 1991-1-4 (2005), Tabela 4.1)

Exposição	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
z₀ (m)	0.01	0.01	0.01	0.01
z_{min} (m)	1.00	1.00	1.00	1.00

Cálculo do coeficiente estrutural, c_sc_d

Exposição	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
I_v (z_s)	0.16	0.16	0.16	0.16
L (z_s)	47.92	47.92	47.92	47.92
B²	0.69	0.62	0.69	0.62
R²	0.00	0.00	0.00	0.00
k_p	3.76	3.69	3.76	3.69
c_sc_d	1.00	1.00	1.00	1.00

Pressão de cálculo por planta

Pressão de cálculo, w (EN 1991-1-4 (2005), 5.2 e fig. 5.1)

w (kN/m²)				
Planta	Vento a 0°	Vento a 90°	Vento a 180°	Vento a 270°
+21.00	1.12	1.14	1.12	1.14
+19.10	1.12	1.14	1.12	1.14

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 111 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cargas de vento por planta

As cargas de vento para o cálculo do sistema principal resistente à força do vento devem ser determinadas através da seguinte expressão:

$$F_i = p_i \cdot A_i \cdot c$$

Onde:

F_i: Carga de vento que actua na planta 'i'

p_i: Pressão de dimensionamento na planta 'i'

A_i: Área da planta 'i' sobre a qual actua a pressão de dimensionamento do vento

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad \left[m^2 \right]$$

b_i: Largura de banda da planta 'i' perpendicular à direcção de análise

h_i: Altura da planta 'i'

c: Coeficiente aplicado à acção do vento

Vento a 0° (+X)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
+21.00	1.12	12.00	1.00	13.405
+19.10	1.12	12.00	1.80	24.130

Vento a 90° (-Y)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
+21.00	1.14	23.00	1.00	-26.208
+19.10	1.14	23.00	1.80	-47.174

Vento a 180° (-X)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
+21.00	1.12	12.00	1.00	-13.405
+19.10	1.12	12.00	1.80	-24.130

Vento a 270° (+Y)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
+21.00	1.14	23.00	1.00	26.208
+19.10	1.14	23.00	1.80	47.174

5.3. Sismo

Norma utilizada: NP EN 1998-1 (2010)

NP EN 1998-1 (2010)

Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos

Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios

Método de cálculo: Análise modal espectral (NP EN 1998-1 (2010), 4.3.3.3)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 112 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Dados gerais de sismo

Caracterização da localização

Zonamento sísmico (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): 1.2

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): 2.3

Tipo de solo (NP EN 1998-1 (2010), 3.1.2): D

Sistema estrutural

Geometria em altura (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.3.3): Regular

q_x: Factor de comportamento (X) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2) **q_x : 1.50**

q_y: Factor de comportamento (Y) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2) **q_y : 1.50**

Importância da obra (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.5 e Tabela 4.3): Categoria III

Parâmetros de cálculo

Número de modos de vibração que intervêm na análise: Segundo norma

Graus de liberdade que intervêm na análise: Não foram consideradas as plantas abaixo da rasante no modelo dinâmico

Fracção de sobrecarga : 0.50

Fracção de sobrecarga de neve : 0.50

Efeitos da componente sísmica vertical

Critério de armadura a aplicar por ductilidade: Ductilidade média

Factores redutores de inércia (NP EN 1998-1 (2010), 4.3.1)

Vigas primárias face à acção sísmica: 0.5

Lajes primárias face à acção sísmica: 0.5

Pilares primários face à acção sísmica: 0.5

Paredes: 0.5

Muros: 0.5

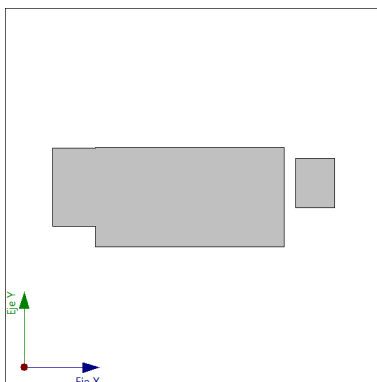
Paredes resistentes de alvenaria: 0.5

Direcções de análise

Acção sísmica segundo X

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 113 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

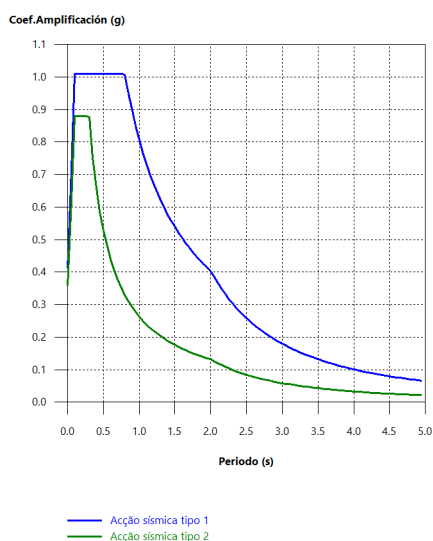
Acção sísmica segundo Y



Projectão em planta da obra

Espectro de cálculo

Espectro elástico de acelerações



Coef. Ampliação:

$$S_{ae} = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \left[1 + 1,5 \frac{T}{T_B} \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_{ae} = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5 \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_{ae} = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5 \cdot \frac{T_C}{T} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_{ae} = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot 2,5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad T_D \leq T \leq 4,0s$$

O valor máximo das ordenadas espectrais "Acção sísmica tipo 1" é 1.010 g.

O valor máximo das ordenadas espectrais "Acção sísmica tipo 2" é 0.880 g.

NP EN 1998-1 (2010) (3.2.2.2)

Parâmetros necessários para a definição do espectro

a_{gR1} : Aceleração pico de dimensionamento - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1)

a_{gR1} : 2.00 m/s²

Zonamento sísmico: Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 1: 1.2

a_{gR2} : Aceleração pico de dimensionamento - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1)

a_{gR2} : 1.70 m/s²

Zonamento sísmico: Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 2: 2.3

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 114 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

γ_{I1} : Factor de importância - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-4.2.5 e Tabela II)

γ_{I1} : 1.45

γ_{I2} : Factor de importância - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-4.2.5 e Tabela II)

γ_{I2} : 1.25

Zonamento sísmico (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 1: 1.2

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 2: 2.3

Importância da obra (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.5 e Tabela 4.3): Categoria III

S_1 : Factor de solo - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.2.2)

S_1 : 1.37

S_2 : Factor de solo - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.2.2)

S_2 : 1.63

$$S = S_{\max} \quad a_g \leq 1\text{m/s}^2$$

$$S = S_{\max} - \frac{S_{\max} - 1}{3}(a_g - 1) \quad 1\text{m/s}^2 < a_g < 4\text{m/s}^2$$

$$S = 1 \quad a_g \geq 4\text{m/s}^2$$

a_{g1} : Aceleração de cálculo - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1 (3))

a_{g1} : 2.90 m/s²

a_{g2} : Aceleração de cálculo - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1 (3))

a_{g2} : 2.13 m/s²

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

a_{gR1} : Aceleração pico de dimensionamento - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1)

a_{gR1} : 2.00 m/s²

a_{gR2} : Aceleração pico de dimensionamento - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1)

a_{gR2} : 1.70 m/s²

γ_{I1} : Factor de importância - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-4.2.5 e Tabela II)

γ_{I1} : 1.45

γ_{I2} : Factor de importância - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-4.2.5 e Tabela II)

γ_{I2} : 1.25

$S_{\max1}$: Parâmetro de solo - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.2)

$S_{\max1}$: 2.00

$S_{\max2}$: Parâmetro de solo - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.3)

$S_{\max2}$: 2.00

Tipo de solo (NP EN 1998-1 (2010), 3.1.2): D

T_{B1} : Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.2)

T_{B1} : 0.10 s

T_{C1} : Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.2)

T_{C1} : 0.80 s

T_{D1} : Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante - Acção sísmica tipo 1 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.2)

T_{D1} : 2.00 s

T_{B2} : Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.3)

T_{B2} : 0.10 s

T_{C2} : Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.3)

T_{C2} : 0.30 s

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 115 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

T_{D2}: Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante - Acção sísmica tipo 2 (NP EN 1998-1 (2010), NA-Tabela 3.3)

T_{D2} : 2.00 s

Zonamento sísmico (NP EN 1998-1 (2010), NA-3.2.1): Portugal Continental

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 1: 1.2

Zona sísmica - Acção sísmica tipo 2: 2.3

Tipo de solo (NP EN 1998-1 (2010), 3.1.2): D

Espectro de dimensionamento de acelerações

O espectro de dimensionamento sísmico obtém-se reduzindo o espectro elástico para cada um dos tipos de acção sísmica pelo factor de comportamento (q), segundo as seguintes expressões:

$$S_a = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_a = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \geq 0,2 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_I \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_a = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \geq 0,2 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_I \quad T_D \leq T \leq 4,0s$$

Factor redutor de comportamento

q_x: Factor de comportamento (X) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2)

q_x : 1.50

q_y: Factor de comportamento (Y) (NP EN 1998-1 (2010), 5.2.2.2)

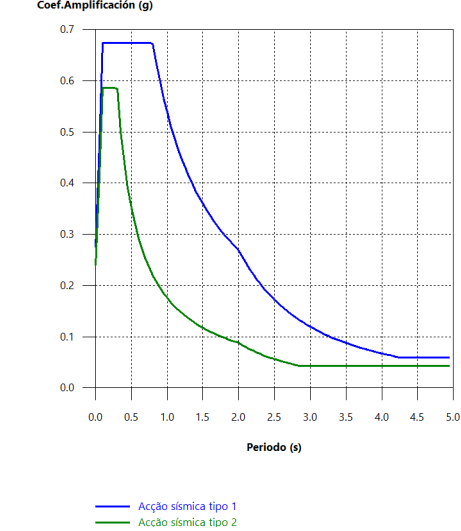
q_y : 1.50

Geometria em altura (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.3.3): Regular

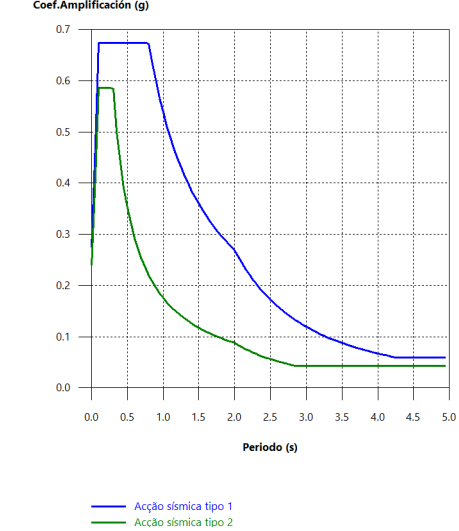
A estrutura define-se como regular em altura, pelo que não é necessário reduzir o factor de comportamento considerado em cada direcção de análise (NP EN 1998-1 (2010), 4.2.3.1 (7))

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 116 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Espectro de dimensionamento segundo X



Espectro de dimensionamento segundo Y



Coeficientes de participação

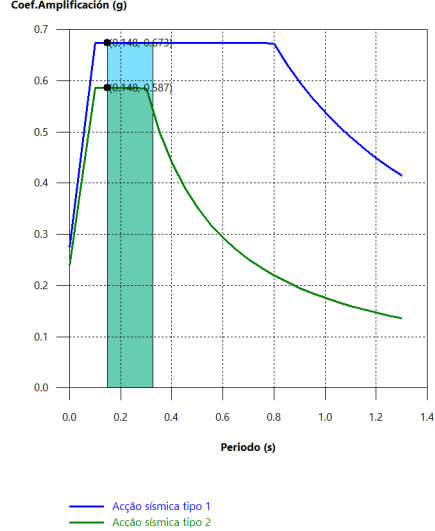
Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótese X(1)	Hipótese X(2)	Hipótese Y(1)	Hipótese Y(2)
Modo 1	0.326	0.0005	0.1144	0.9934	0 %	8.05 %	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 17.757 mm	R = 1.5 A = 5.331 m/s ² D = 14.3316 mm	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 17.757 mm	R = 1.5 A = 5.331 m/s ² D = 14.3316 mm
Modo 2	0.290	0.211	0.0109	0.9774	2.77 %	0.02 %	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 14.0764 mm	R = 1.5 A = 5.74 m/s ² D = 12.2325 mm	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 14.0764 mm	R = 1.5 A = 5.74 m/s ² D = 12.2325 mm
Modo 3	0.178	0.0962	0.4737	0.8754	0.79 %	62.05 %	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 5.31697 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 4.63251 mm	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 5.31697 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 4.63251 mm
Modo 4	0.164	0.115	0.3008	0.9467	1.19 %	26.55 %	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 4.5236 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 3.94127 mm	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 4.5236 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 3.94127 mm
Modo 5	0.148	0.1854	0.0191	0.9825	95.25 %	3.31 %	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 3.66786 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 3.19569 mm	R = 1.5 A = 6.606 m/s ² D = 3.66786 mm	R = 1.5 A = 5.755 m/s ² D = 3.19569 mm
Total					100 %	99.98 %				

- T:** Período de vibração em segundos.
- L_x, L_y:** Coeficientes de participação normalizados em cada direcção da análise.
- L_{gz}:** Coeficiente de participação normalizado correspondente ao grau de liberdade rotacional.
- M_x, M_y:** Percentagem de massa deslocada por cada modo em cada direcção da análise.
- R:** Relação entre a aceleração de cálculo usando a ductilidade atribuída à estrutura e à aceleração de cálculo obtida sem ductilidade.
- A:** Aceleração de cálculo, incluindo a ductilidade.
- D:** Coeficiente do modo. Equivale ao deslocamento máximo do grau de liberdade dinâmico.

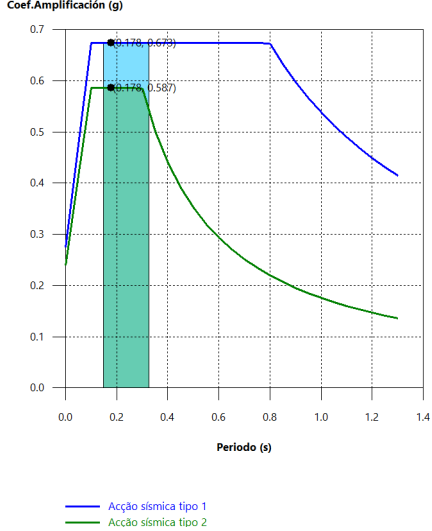
Representação dos períodos modais

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 117 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Espectro de dimensionamento segundo X



Espectro de dimensionamento segundo Y



Representa-se o intervalo de períodos abarcado pelos modos estudados, com indicação dos modos nos que se desloca mais de 30% da massa:

Hipótese Sismo X1		
Acção modal	T (s)	A (g)
Modo 5	0.148	0.673

Hipótese Sismo Y1		
Acção modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.178	0.673

Hipótese Sismo X2		
Acção modal	T (s)	A (g)
Modo 5	0.148	0.587

Hipótese Sismo Y2		
Acção modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.178	0.587

Centro de massa, centro de rigidez e excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
+21.00	(183.99, 0.22)	(185.91, 0.22)	-1.92	0.00
+19.10	(197.63, -0.97)	(197.44, -0.96)	0.19	-0.02
+17.70	(194.71, -0.48)	(197.11, -0.88)	-2.40	0.39
+14.65	(196.72, -0.63)	(-, -)	-	-

c.d.m.: Coordenadas do centro de massas da planta (X,Y)

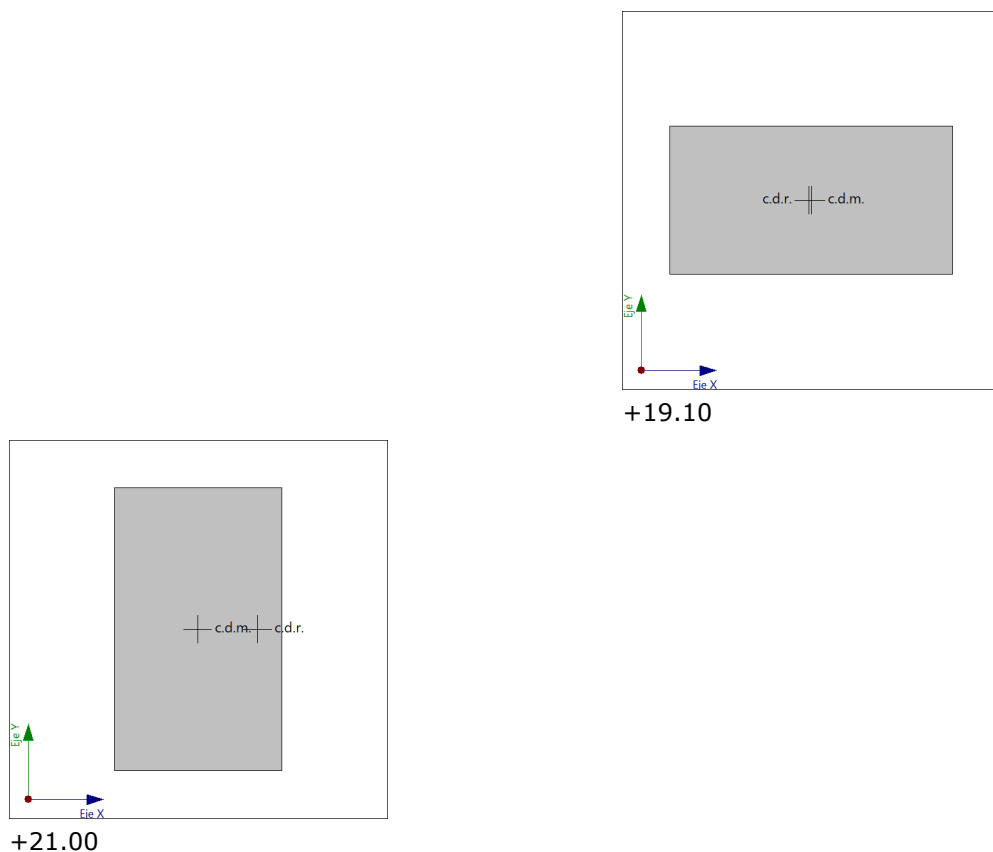
c.d.r.: Coordenadas do centro de rigidez da planta (X,Y)

e_x: Excentricidade do centro de massa em relação ao centro de rigidez (X)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 118 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

ey: Excentricidade do centro de massa em relação ao centro de rigidez (Y)

Representação gráfica do centro de massa e do centro de rigidez por planta



Esforço transversal sísmico combinado por planta

O valor máximo do esforço transversal por planta numa dada acção sísmica obtém-se através da Combinação Quadrática Completa (CQC) dos correspondentes esforços transversos modais.

Se a obra tem vigas com vinculação exterior ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não serão mostrados na seguinte listagem.

Esforço transversal sísmico combinado e força sísmica equivalente por planta

Os valores que se mostram nas seguintes tabelas não estão ajustados pelo factor de modificação calculado no ponto 'Correcção por esforço transversal na base'.

Hipótese de acção sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
+21.00	573.743	573.743	153.225	153.225
+19.10	28066.283	28216.779	4100.917	4212.320
+17.70	28812.859	749.486	4046.825	97.383

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 119 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
+14.65	28812.859	0.000	4046.825	0.000

Hipótese de acção sísmica: Sismo X2

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
+21.00	498.710	498.710	133.481	133.481
+19.10	24453.152	24584.350	3572.988	3670.056
+17.70	25103.626	652.999	3525.859	84.847
+14.65	25103.626	0.000	3525.859	0.000

Hipótese de acção sísmica: Sismo Y1

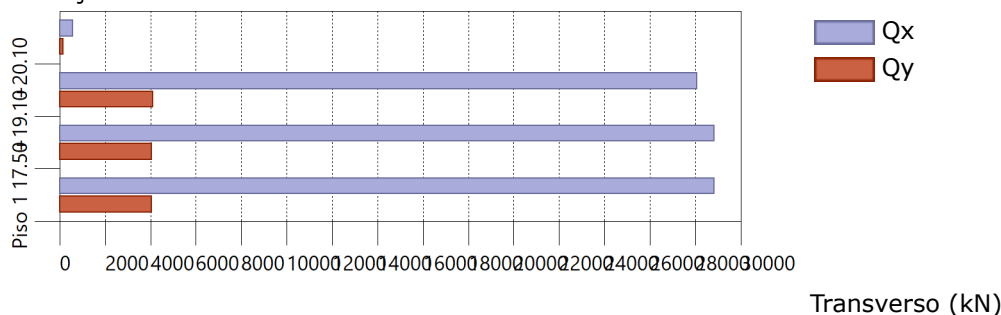
Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
+21.00	54.499	54.499	610.560	610.560
+19.10	3943.840	3976.596	7504.028	7551.338
+17.70	4047.543	106.089	7603.782	108.635
+14.65	4047.543	0.000	7603.782	0.000

Hipótese de acção sísmica: Sismo Y2

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
+21.00	46.803	46.803	506.443	506.443
+19.10	3436.114	3464.670	6532.155	6578.268
+17.70	3526.484	92.375	6619.255	94.586
+14.65	3526.484	0.000	6619.255	0.000

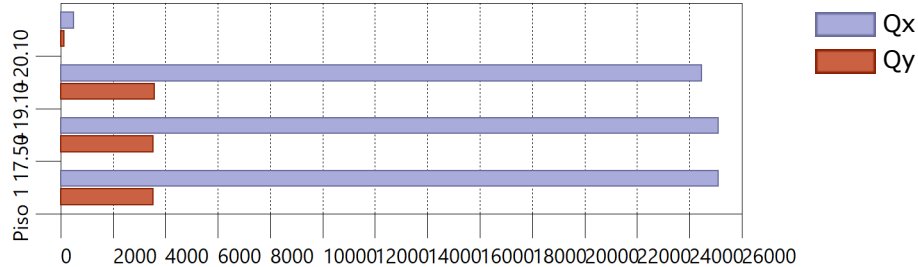
Esforços transversos sísmicos máximos por planta

Hipótese de acção sísmica: Sismo X1



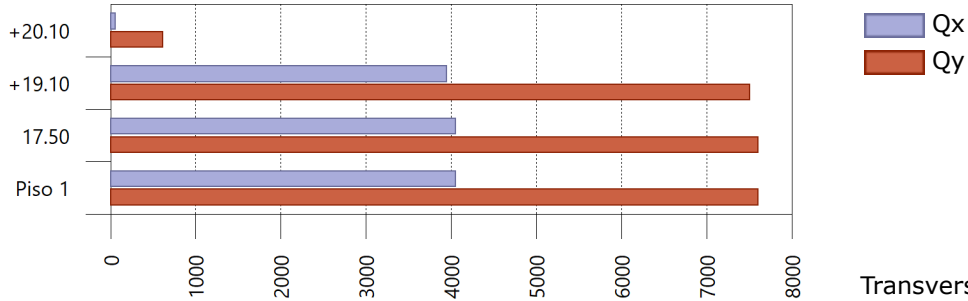
Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	18/02/2025	01.0	120 de 288
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Hipótese de acção sísmica: Sismo X2



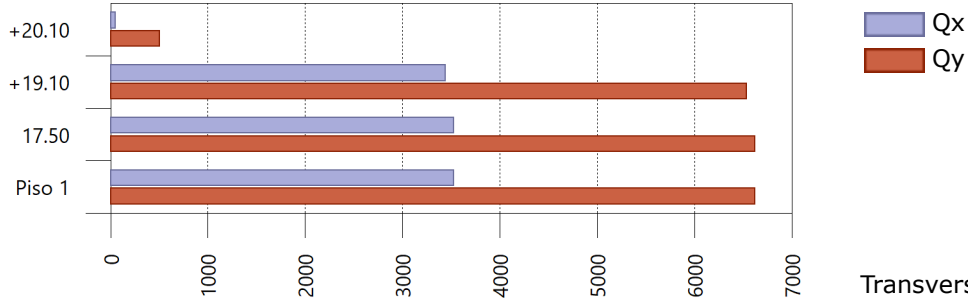
Transverso (kN)

Hipótese de acção sísmica: Sismo Y1



Transverso (kN)

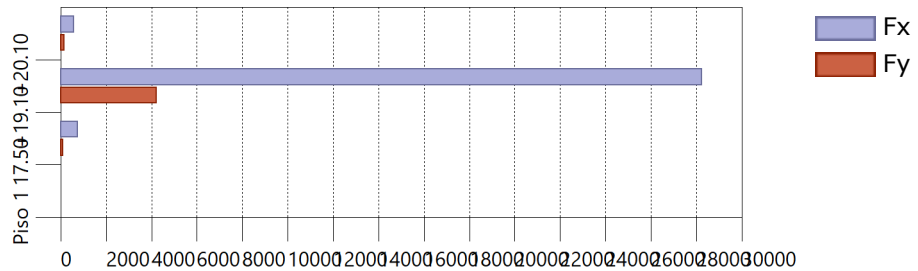
Hipótese de acção sísmica: Sismo Y2



Transverso (kN)

Forças sísmicas equivalentes por planta

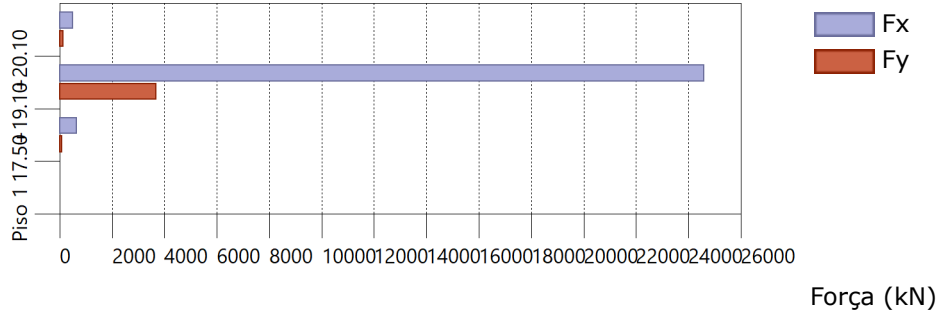
Hipótese de acção sísmica: Sismo X1



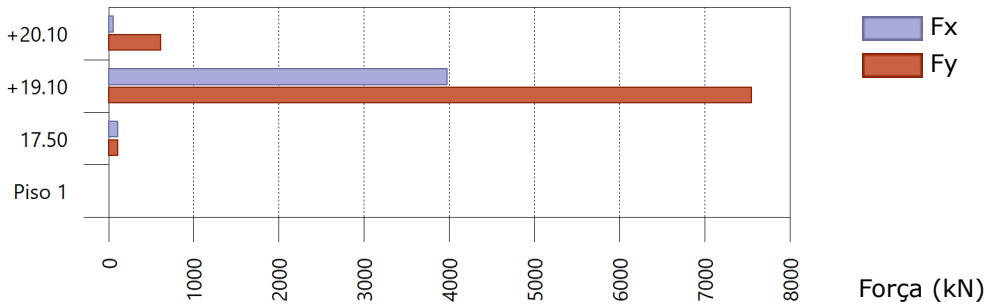
Força (kN)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 121 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

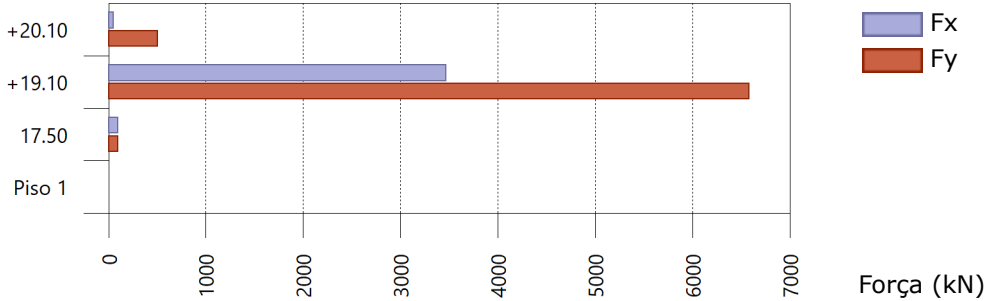
Hipótese de acção sísmica: Sismo X2



Hipótese de acção sísmica: Sismo Y1



Hipótese de acção sísmica: Sismo Y2



Percentagem de esforço transverso sísmico resistido por tipo de suporte e por planta

A percentagem de esforço transverso sísmico da coluna 'Muros' inclui o esforço transverso resistido por muros, paredes e elementos de contraventamento.

Hipótese de acção sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
+21.00	100.00	0.00	100.00	0.00
+19.10	0.61	99.39	0.60	99.40
+17.70	0.00	100.00	0.00	100.00
+14.65	0.00	100.00	0.00	100.00

Hipótese de acção sísmica: Sismo X2

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 122 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
+21.00	100.00	0.00	100.00	0.00
+19.10	0.61	99.39	0.60	99.40
+1770	0.00	100.00	0.00	100.00
+14.65	0.00	100.00	0.00	100.00

Hipótese de acção sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
+21.00	100.00	0.00	100.00	0.00
+19.10	0.72	99.28	1.67	98.33
+17.70	0.00	100.00	0.00	100.00
+14.65	0.00	100.00	0.00	100.00

Hipótese de acção sísmica: Sismo Y2

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
+21.00	100.00	0.00	100.00	0.00
+19.10	0.72	99.28	1.58	98.42
+17.70	0.00	100.00	0.00	100.00
+14.65	0.00	100.00	0.00	100.00

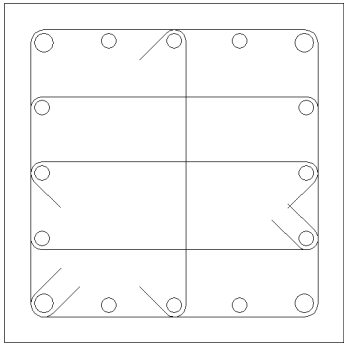
Percentagem de esforço sísmico resistido por tipo de suporte em arranques

A percentagem de esforço transversal sísmico da coluna 'Muros' inclui o esforço transversal resistido por muros, paredes e elementos de contraventamento.

Hipótese de acção sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	0.00	100.00	0.00	100.00
Sismo X2	0.00	100.00	0.00	100.00
Sismo Y1	0.00	100.00	0.00	100.00
Sismo Y2	0.00	100.00	0.00	100.00

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 123 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5.4. **Controlos do pilar P1**

Dados do pilar		
 45	Geometria	
	Dimensões : 45x45 centímetros	
	Tramo : 0.000/3.600 m	
	Apuramento : 3.25 metros	
	Tamanho máximo do agregado : 20 milímetros	
	Materiais	Comprimento Sag
	Betão : Processo C40/50 Acero : S-500	Plano ZX : 3.25 metros Plano ZY : 3.25 metros
Reforço longitudinal	Armadura transversal	
Esquina : 4Ø25 Cara X : 6Ø20 Cara Y : 6Ø20 Cuantía : 2.83 %	Estribos : 2eØ10+X1rØ10+Y1rØ10 Separação : 10 centímetros	

Um pilar é um elemento em que a profundidade da secção não é superior a 4 vezes a sua largura (artigos 5.3.1, n.º 7, e 9.5.1):

$$450 \text{ milímetros} \leq 1800 \text{ milímetros} \quad \checkmark$$

$$h \leq 4 \cdot b$$

Donde:

h: Dimensão principal da secção entre parênteses.

h : 450.00 em milímetro

b: Dimensão mais pequena da secção de apoio.

b : 450.00 em milímetro

Reforço longitudinal

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre barras isoladas paralelas ou camadas horizontais de barras paralelas não deve ser inferior a $s_{\min}$ (artigo 8.2, n.º 2):

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 124 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$s_b \geq s_{min}$
64 milímetros $\geq$ 25 milímetros ✓

Donde:

s_{min}: Valor máximo de s₁, s₂, s₃.
 s_{min} : 25 em milímetro

$s_1 = \phi_{max}$
s₁ : 25 em milímetro

$s_2 = 5 + d_g$
s₂ : 25 em milímetro

$s_3 = 20 \text{ mm}$
s₃ : 20 em milímetro

Siendo:

Ø_{max}: Diâmetro da barra comprimida mais espessa.
 Ø_{max} : 25 em milímetro

dg: Tamanho máximo agregado.
 DG : 20 em milímetro

As barras longitudinais devem ter um diâmetro não inferior a 10 mm (artigo 9.5.2, n.o 1):

$\phi_{min} \geq 10 \text{ mm}$
20 milímetros $\geq$ 10 milímetros ✓

Donde:

Ø_{min}: Diâmetro da barra comprimida mais fina.
 Ø_{min} : 20 em milímetro

Estribos

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre barras isoladas paralelas ou camadas horizontais de barras paralelas não deve ser inferior a s_{min} (artigo 8.2, n.o 2):

90 milímetros $\geq$ 25 milímetros ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 125 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$s_b \geq s_{\min}$$

Donde:

smin: Valor máximo de s1, s2, s3.

smin : 25 em milímetro

$$s_1 = \phi_{\max}$$

s1 : 10 em milímetro

$$s_2 = 5 + d_g$$

s2 : 25 em milímetro

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

s3 : 20 em milímetro

Siendo:

Ømax: Diâmetro da barra mais espessa do reforço transversal.

Ømax : 10 em milímetro

dg: Tamanho máximo agregado.

DG : 20 em milímetro

O espaçamento da armadura transversal ao longo da coluna não deve exceder $s_{cl,tmax}$ (n.º 3 do artigo 9.5.3):

100 milímetros ≤ 180 milímetros ✓

$$s_t \leq s_{cl,tmax}$$

O espaçamento máximo exigido no ponto 3 deve ser reduzido de um coeficiente de 0,6 em secções situadas a uma distância igual à dimensão superior à secção transversal do pilar acima ou abaixo de uma viga ou laje.

Donde:

scl,tmax: Valor mínimo de s1, s2, s3.

scl, tmax : 300 em milímetro

$$s_1 = 15 \cdot \phi_{\min}$$

s1 : 300 em milímetro

$$s_2 = B_{\min}$$

s2 : 450 em milímetro

$$s_3 = 300 \text{ mm}$$

s3 : 300 em milímetro

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 126 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Siendo:

Ømin: Diâmetro da barra comprimida mais fina.

Ømin : 20 em milímetro

Bmin: Dimensão mínima da secção.

Bmin : 450 em milímetro

O diâmetro da armadura transversal não deve ser inferior a um quarto do diâmetro máximo das barras longitudinais (n.º 1 do artigo 9.5.3):

$$\phi_t \geq \frac{1}{4} \cdot \phi_{\max} \not< 6 \text{ mm}$$

10 milímetros ≥ 6,3 milímetros ✓

Donde:

Ømax: Diâmetro da barra comprimida mais espessa.

Ømax : 25 em milímetro

Nenhuma barra dentro da zona de compressão deve estar a mais de 150 mm de uma barra fixada (n.º 6 do artigo 9.5.3):

$$s_{b,\max} \leq 150 \text{ mm}$$

86 milímetros ≤ 150 milímetros ✓

Donde:

sb,max: Separação máxima entre uma barra não fixada e outra barra fixada.

sb, máximo : 86 em milímetro

Reforço mínimo e máximo (NP EN 1992-1-1:2010/NA, artigo 9.5.2)

A área total do reforço longitudinal não deve ser inferior a $A_{s,\min}$ (artigo 9.5.2, n.º 2):

$$A_s \geq A_{s,\min}$$

57,33 cm² ≥ 4,05 cm² ✓

Donde:

As: Área do reforço longitudinal.

Como : 57.33 cm²

$$A_{s,\min} = 0.002 \cdot A_c$$

Como,min : 4.05 cm²

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 127 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Siendo:

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

A área da armadura longitudinal Como não deve exceder $A_{s,max}$ (artigo 9.5.2(3)):

$$A_s \leq A_{s,max}$$

57,33 cm² ≤ 81,00 cm² ✓

Donde:

As: Área do reforço longitudinal.

Como : 57.33 cm²

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

Como, max : 81.00 cm²

Siendo:

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

A área total das armaduras longitudinais A não deve ser inferior a $A_{s,min}$ (n.o 2 do artigo 9.5.2):

$$A'_s \geq A_{s,min}$$

57,33 cm² ≥ 0,72 cm² ✓

Donde:

A's: Área total de reforço comprimido.

A's : 57.33 cm²

$$A_{s,min} = 0.10 \cdot N_{Ed} / f_{yd}$$

Como,min : 0.72 cm²

Siendo:

NEd: Tensão de compressão axial de cálculo.

NEd : 314.43 kN

f_{yd}: Limite elástico da armadura.

FYD : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 128 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado-limite de exaustão vs. cisalhamento (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, artigos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Devem ser satisfeitas as seguintes condições:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,max,Vx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed}: Tensão de cisalhamento eficaz do cálculo.

V_{Ed,x} : 30.22 kN

V_{Ed,y} : 67.44 kN

V_{Rd,max}: Tensão de cisalhamento de exaustão devido à compressão oblíqua na alma.

V_{Rd, máximo} : 1152.32 kN

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,s,Vx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.435} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed}: Tensão de cisalhamento eficaz do cálculo.

V_{Ed,x} : 30.22 kN

V_{Ed,y} : 67.44 kN

V_{Rd,s}: Tensão de cisalhamento de exaustão devido à tração na alma.

V_{Rd,s} : 169.92 kN

O péssimo cálculo solicitando esforços ocorre em '1,6 m', para a combinação das hipóteses "1,35· PP+1.35· CM+H1+1.5· Qa+1.5· V(+Yexc.-)".

Tensão de cisalhamento de exaustão devido à compressão oblíqua na alma.

A tensão de cisalhamento da exaustão devido à compressão oblíqua da alma é deduzida da seguinte expressão:

Cisalhamento na direção X:

O valor de cálculo da tensão máxima de cisalhamento que o elemento pode suportar, limitada pelo esgotamento das barras de compressão, é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.º 3):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

V_{Rd, máximo} : 1152.32 kN

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 129 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Donde:

α_{cw} : Coeficiente que considera o estado de tensão no cabo de compressão.

$$\gamma_{\mu cw} : 1.000$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Siendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média no betão, medição positiva, devido à força axial de cálculo.

$$\sigma_{CP} : -11.12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Donde:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

$$\mathbf{N_{Ed}} : 240.64 \text{ kN}$$

A'_s: Área total de reforço comprimido.

$$\mathbf{A'_s} : 57.33 \text{ cm}^2$$

A_c: Área total da secção de betão.

$$\mathbf{CA} : 2025.00 \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura do A.

$$\mathbf{F_{YD}} : 434.78 \text{ MPa}$$

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

$$\mathbf{F_{CD}} : 26.67 \text{ MPa}$$

bw: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

$$\mathbf{BW} : 450.00 \text{ em milímetro}$$

z: Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

$$\mathbf{z} : 320.09 \text{ em milímetro}$$

v₁: Coeficiente de redução da resistência para concreto fissurado por cisalhamento.

$$\mathbf{v_1} : 0.600$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α : Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

$$\mathbf{v_{\mu}} : 90.0 \text{ grados}$$

θ : Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

$$\mathbf{\theta} : 45.0 \text{ grados}$$

Cisalhamento na direção Y:

O valor de cálculo da tensão máxima de cisalhamento que o elemento pode suportar, limitada pelo esgotamento das barras de compressão, é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.o 3):

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 130 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

VRd, máximo : 1152.32 kN

Donde:

α_{cw} : Coeficiente que considera o estado de tensão no cabo de compressão.

$\gamma_{\mu cw}$: 1.000

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Siendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média no betão, medição positiva, devido à força axial de cálculo.

σ_{cp} : -2.94 MPa

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Donde:

N_{Ed} : Tensão de compressão axial de cálculo.

N_{Ed} : 240.64 kN

A'_s : Área total de reforço comprimido.

A'_s : 19.24 cm²

A_c : Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

f_{yd} : Resistência de cálculo da armadura do A.

F_{YD} : 434.78 MPa

f_{cd} : Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

F_{CD} : 26.67 MPa

b_w : Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

BW : 450.00 em milímetro

z : Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

z : 320.09 em milímetro

v_1 : Coeficiente de redução da resistência para concreto fissurado por cisalhamento.

v_1 : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α : Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

$\nu\mu$: 90.0 grados

θ : Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

θ : 45.0 grados

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 131 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

O péssimo cálculo solicitando esforços ocorre em '1,6 m', para a combinação das hipóteses "1,35· PP+1.35· CM+H1+1.5· Qa+1.5· V(+Yexc.-)".

Tensão de cisalhamento de exaustão devido à tração na alma.

Cisalhamento na direção X:

Resistência ao cisalhamento em partes sem reforço de cisalhamento, obtida em conformidade com (n.o 1 do artigo 6.2.2):

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$VRd,s : 169.92 \text{ kN}$$

com um valor mínimo de:

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$VRd,s : 108.52 \text{ kN}$$

Donde:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$$

$$CRd,c : 0.120$$

Siendo:

$$\gamma_c: \text{Coeficiente de segurança parcial para betão.}$$

$$\gamma_c : 1.500$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$k : 1.759$$

ρ_l : Quantidade geométrica da armadura de tração longitudinal principal.

$$\rho_l : 0.020$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

Siendo:

Asl: Área da armadura de tração, que se estende por um comprimento $\geq (l_{bd}+d)$ além da seção analisada. Artigo 6.2.2, n.o 1, Figura 6.3

$$Asl : 31.81 \text{ cm}^2$$

fck: Resistência à compressão característica do betão.

$$Fck : 40.00 \text{ MPa}$$

σ_{cp} : Tensão média de compressão.

$$\sigma_{cp} : 1.19 \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 132 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0.2 \cdot f_{cd}$$

Siendo:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

N_{Ed} : 240.64 kN

A_c: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

bw: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão.

BW : 450.00 em milímetro

d: Profundidade útil da secção em mm referente ao reforço longitudinal de flexão.

d : 347.13 em milímetro

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Vmin : 0.52 MPa

Cisalhamento na direção Y:

Resistência ao cisalhamento em partes sem reforço de cisalhamento, obtida em conformidade com (n.o 1 do artigo 6.2.2):

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

VRd,s : 169.92 kN

com um valor mínimo de:

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

VRd,s : 108.52 kN

Donde:

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

CRd,c : 0.120

Siendo:

γ_x: Coeficiente de segurança parcial para betão.

γ_x : 1.500

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

k : 1.759

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 133 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

ρ_l : Quantidade geométrica da armadura de tração longitudinal principal.

ρ_l : 0.020

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

Siendo:

Asl: Área da armadura de tração, que se estende por um comprimento $\geq (l_{bd} + d)$ além da secção analisada. Artigo 6.2.2, n.º 1, Figura 6.3

Asl : 31.81 cm²

fck: Resistência à compressão característica do betão.

Fck : 40.00 MPa

σ_{cp} : Tensão média de compressão.

σ_{cp} : 1.19 MPa

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0.2 \cdot f_{cd}$$

Siendo:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

N_{Ed} : 240.64 kN

A_c: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

b_w: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão.

BW : 450.00 em milímetro

d: Profundidade útil da secção em mm referente ao reforço longitudinal de flexão.

d : 347.13 em milímetro

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Vmin : 0.52 MPa

Estado-limite de esgotamento vs. cisalhamento (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, artigos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Devem ser satisfeitas as seguintes condições:

$$\eta_l = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,max,Vx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}}\right)^2} \leq 1$$

η : 0.170 ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 134 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Donde:

VEd: Tensão de cisalhamento eficaz do cálculo.

VEd,x : 16.19 kN

VEd,y : 194.70 kN

VRd,max: Tensão de cisalhamento de exaustão devido à compressão oblíqua na alma.

VRd, máximo : 1152.32 kN

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,s,Vx}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}}\right)^2} \leq 1$$

η : 0.646 ✓

Donde:

VEd: Tensão de cisalhamento eficaz do cálculo.

VEd,x : 16.19 kN

VEd,y : 194.70 kN

VRd,s: Tensão de cisalhamento de exaustão devido à tração na alma.

VRd,s,Vx : 502.80 kN

VRd,s,Vy : 301.68 kN

Os pécissimos esforços de sollicitação de cálculo ocorrem para a combinação de PP+CM+H1+0,8· Qa+0.3· SX1+SY1.

Tensão de cisalhamento de exaustão devido à compressão oblíqua na alma.

A tensão de cisalhamento da exaustão devido à compressão oblíqua da alma é deduzida da seguinte expressão:

Cisalhamento na direção X:

O valor de cálculo da tensão máxima de cisalhamento que o elemento pode suportar, limitada pelo esgotamento das barras de compressão, é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.o 3):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad \mathbf{VRd, máximo} : \underline{1152.32} \text{ kN}$$

Donde:

α_{cw} : Coeficiente que considera o estado de tensão no cabo de compressão.

$\gamma_{\mu cw}$: 1.000

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Siendo:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 135 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

σ_{cp} : Tensão de compressão média no betão, medição positiva, devido à força axial de cálculo.

σ_{CP} : -3.17 MPa

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Donde:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

N_{Ed} : 194.75 kN

A'_s: Área total de reforço comprimido.

A'_s : 19.24 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura do A.

FYD : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

bw: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

BW : 450.00 em milímetro

z: Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

z : 320.09 em milímetro

v₁: Coeficiente de redução da resistência para concreto fissurado por cisalhamento.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

vμ : 90.0 grados

θ: Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

θ : 45.0 grados

Cisalhamento na direção Y:

O valor de cálculo da tensão máxima de cisalhamento que o elemento pode suportar, limitada pelo esgotamento das barras de compressão, é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.o 3):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad V_{Rd, \text{máximo}} : \underline{1152.32} \text{ kN}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 136 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Donde:

α_{cw} : Coeficiente que considera o estado de tensão no cabo de compressão.

$\gamma_{\mu cw}$: 1.000

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Siendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média no betão, medição positiva, devido à força axial de cálculo.

σ_{cp} : -3.17 MPa

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Donde:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

N_{Ed} : 194.75 kN

A'_s: Área total de reforço comprimido.

A'_s : 19.24 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura do A.

FYD : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

bw: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

BW : 450.00 em milímetro

z: Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

z : 320.09 em milímetro

v₁: Coeficiente de redução da resistência para concreto fissurado por cisalhamento.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α : Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

$\nu\mu$: 90.0 grados

θ : Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

θ : 45.0 grados

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 137 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Os péssimos esforços de solicitação de cálculo ocorrem para a combinação de PP+CM+H1+0,8· Qa+0.3· SX1+SY1.

Tensão de cisalhamento de exaustão devido à tração na alma.

Cisalhamento na direção X:

O valor de cálculo da tensão de cisalhamento que a armadura de cisalhamento pode suportar no limite de elasticidade é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.o 3):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$VRd,s : \underline{502.80} \text{ kN}$$

Donde:

Asw: Área de reforço para cisalhamento do reforço.

$$Asw : \underline{3.93} \text{ cm}^2$$

s: Separação entre encontros.

$$s : \underline{100} \text{ em milímetro}$$

z: Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado.

$$z : \underline{32.01} \text{ cm}$$

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

$$FYWD : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

fywk: Valor de cálculo da resistência ao rendimento da armadura de cisalhamento.

$$fywk : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ grados}$$

θ: Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Cisalhamento na direção Y:

O valor de cálculo da tensão de cisalhamento que a armadura de cisalhamento pode suportar no limite de elasticidade é obtido a partir de (artigo 6.2.3, n.o 3):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$VRd,s : \underline{301.68} \text{ kN}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 138 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Donde:

A_{sw}: Área de reforço para cisalhamento do reforço.

A_{sw} : 2.36 cm²

s: Separação entre encontros.

s : 100 em milímetro

z: Braço mecânico, para um elemento com profundidade constante, correspondente ao momento de flexão no elemento considerado.

z : 32.01 cm

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

FYWD : 400.00 MPa

Siendo:

f_{ywk}: Valor de cálculo da resistência ao rendimento da armadura de cisalhamento.

f_{ywk} : 500.00 MPa

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

υμ : 90.0 grados

θ: Ângulo entre a biela de compressão de concreto e o eixo da peça.

θ : 45.0 grados

Separação de reforços transversais

Cisalhamento na direção X:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de reforço de cisalhamento não deve exceder (artigo 9.2.2, n.º 6):

100 milímetros ≤ 260 milímetros ✓

$$s \leq s_{l,max}$$

Donde:

s: Separação entre encontros.

s : 100 em milímetro

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

SL, MAX : 260 em milímetro

Siendo:

d: Canto útil da seção.

d : 347.13 em milímetro

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

υμ : 90.0 grados

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 139 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

O espaçamento transversal entre ramos de reforço transversal deve satisfazer a seguinte condição: Artigo 9.2.2, n.º 8

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

104 milímetros ≤ 260 milímetros ✓

Donde:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600\text{mm}$$

s_{t,max} : 260 em milímetro

Siendo:

d: Canto útil da seção.

d : 347.13 em milímetro

Cisalhamento na direção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de reforço de cisalhamento não deve exceder (artigo 9.2.2, n.º 6):

$$s \leq s_{l,max}$$

100 milímetros ≤ 260 milímetros ✓

Donde:

s: Separação entre encontros.

s : 100 em milímetro

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

SL, MAX : 260 em milímetro

Siendo:

d: Canto útil da seção.

d : 347.13 em milímetro

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

α : 90.0 grados

O espaçamento transversal entre ramos de reforço transversal deve satisfazer a seguinte condição: Artigo 9.2.2, n.º 8

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

190 milímetros ≤ 260 milímetros ✓

Donde:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 140 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600\text{mm}$$

st,max : 260 em milímetro

Siendo:

d: Canto útil da seção.

d : 347.13 em milímetro

Quantidade mecânica mínima do reforço transversal.

Cisalhamento na direção X:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

0.0087 $\geq$ **0.0010** ✓

A quantidade do reforço de cisalhamento ρ_w não deve ser inferior a $\rho_{w,min}$ (artigo 9.2.2(5)).

Donde:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

PΩ : 0.0087

Siendo:

Asw: Área de reforço para cisalhamento do reforço.

Asw : 3.93 cm²

s: Separação entre encontros.

s : 100 em milímetro

bw: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

BW : 450.00 em milímetro

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

υμ : 90.0 grados

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

ρw,min : 0.0010

Siendo:

fck: Resistência à compressão característica do betão.

Fck : 40.00 MPa

fyk: Resistência característica do aço.

fyk : 500.00 MPa

Cisalhamento na direção Y:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 141 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\rho_w \geq \rho_{w,min} \quad 0.0052 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

A quantidade do reforço de cisalhamento ρ_w não deve ser inferior a $\rho_{w,min}$ (artigo 9.2.2(5)).

Donde:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : 0.0052$$

Siendo:

A_{sw}: Área de reforço para cisalhamento do reforço.

$$A_{sw} : 2.36 \text{ cm}^2$$

s: Separação entre encontros.

$$s : 100 \text{ em milímetro}$$

b_w: Largura mínima entre os cabos de tensão e compressão. Artigo 6.2.3, n.o 1, figura 6.5

$$b_w : 450.00 \text{ em milímetro}$$

α: Ângulo entre a armadura de cisalhamento e o eixo do elemento perpendicular à tensão de cisalhamento.

$$\alpha : 90.0 \text{ grados}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : 0.0010$$

Siendo:

f_{ck}: Resistência à compressão característica do betão.

$$f_{ck} : 40.00 \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$f_{yk} : 500.00 \text{ MPa}$$

Estado-limite de exaustão em relação às tensões normais (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, artigos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

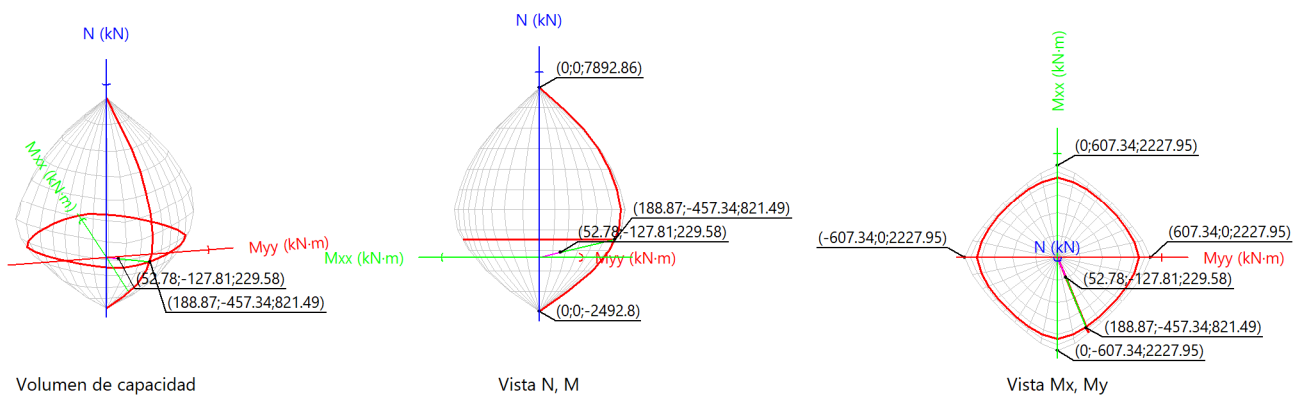
Os piores esforços de solicitação de cálculo ocorrem em 'Cabeça', para a combinação de hipóteses "1.35· PP+1.35· CM+H1+1.5· Qa+1.5· V(+Yexc.-)".

Devem ser satisfeitas as seguintes condições:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 142 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.279}$ ✓



Verificação da intensidade da secção (η_1)

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, quando aplicável, a excentricidade mínima de acordo com 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 229.58 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo da primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -127.81 kN·m

$M_{Ed,y}$: 52.78 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são as tensões que produzem o esgotamento da secção com as mesmas excentricidades que as peggimas tensões de solicitação de cálculo.

N_{Rd} : Axil de exaustão.

N_{Rd} : 821.49 kN

M_{Rd} : Momentos de exaustão.

$M_{Rd,x}$: -457.34 kN·m

$M_{Rd,y}$: 188.87 kN·m

Donde:

$$N_{Ed} = N_d$$

$$M_{Ed} = N_d \cdot e_e$$

Siendo:

$e_{e,x}$: 229.91 em milímetro

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 143 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

ee: Excentricidade de primeira ordem. É calculado tendo em conta a excentricidade mínima e_{min} de acordo com o artigo 6.1(4).

ee,y : -556.71 em milímetro

Neste caso, as excentricidades $e_{0,x}$ e $e_{0,y}$ são superiores ao mínimo.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

No eixo x:

$$e_{min} = \frac{h}{30} \leq 20 \text{ mm}$$

Emin : 20.00 em milímetro

h: Profundidade da secção no plano de flexão considerado.

h : 450.00 em milímetro

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

e0 : -556.71 em milímetro

Donde:

Md: Momento do cálculo da primeira ordem.

Md : -127.81 kN·m

Nd: Esforço normal de cálculo.

Nd : 229.58 kN

No eixo y:

$$e_{min} = \frac{h}{30} \leq 20 \text{ mm}$$

Emin : 20.00 em milímetro

h: Profundidade da secção no plano de flexão considerado.

h : 450.00 em milímetro

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

e0 : 229.91 em milímetro

Donde:

Md: Momento do cálculo da primeira ordem.

Md : 52.78 kN·m

Nd: Esforço normal de cálculo.

Nd : 229.58 kN

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 144 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Verificação do Limite do Estado de Instabilidade

No eixo x:

Os efeitos de segunda ordem podem ser negligenciados, uma vez que a esbelteza mecânica do suporte λ é inferior à magreza do limite inferior λ_{lim} indicada no ponto 5.8.3.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : 25.02$$

Donde:

l₀: Comprimento Sag

$$l_0 : 3.250 \text{ m}$$

i_c: Raio de viragem da secção de betão.

$$i_c : 12.99 \text{ cm}$$

A_c: Área total da secção de betão.

$$A_c : 2025.00 \text{ cm}^2$$

I: Inércia.

$$I : 341718.75 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

$$\lambda_{inf} : 69.75$$

Donde:

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef})$$

$$U_m : 0.74$$

Siendo:

φ_{ef}: Coeficiente de fluência efetivo.

$$\varphi_{EF} : 1.8$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega}$$

$$B : 1.39$$

Siendo:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$\omega : 0.46$$

Donde:

A_s: Área de reforço longitudinal total.

$$A_{s0} : 57.33 \text{ cm}^2$$

A_c: Área total da secção de betão.

$$A_c : 2025.00 \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Limite elástico da armadura.

$$f_{YD} : 434.78 \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 145 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

fcd: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

C = 0.7

C : 0.70

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

n : 0.04

Siendo:

NEd: Tensão de compressão axial de cálculo.

NEd : 229.58 kN

No eixo y:

Os efeitos de segunda ordem podem ser negligenciados, uma vez que a esbeltez mecânica do suporte λ é inferior à magreza do limite inferior λ_{lim} indicada no ponto 5.8.3.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

λ : 25.02

Donde:

l0: Comprimento Sag

l0 : 3.250 m

ic: Raio de viragem da secção de betão.

ic : 12.99 cm

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

I: Inércia.

Eu : 341718.75 cm⁴

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

λ_{inf} : 69.75

Donde:

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef})$$

Um : 0.74

Siendo:

φ_{ef} : Coeficiente de fluência efetivo.

φ_{EF} : 1.8

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega}$$

B : 1.39

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 146 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Siendo:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad \omega : \underline{0.46}$$

Donde:

As: Área de reforço longitudinal total. **Como** : 57.33 cm²

Ac: Área total da secção de betão. **CA** : 2025.00 cm²

f_{yd}: Limite elástico da armadura. **FYD** : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão. **FCD** : 26.67 MPa

$$C = 0.7 \quad C : \underline{0.70}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n : \underline{0.04}$$

Siendo:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo. **NEd** : 229.58 kN

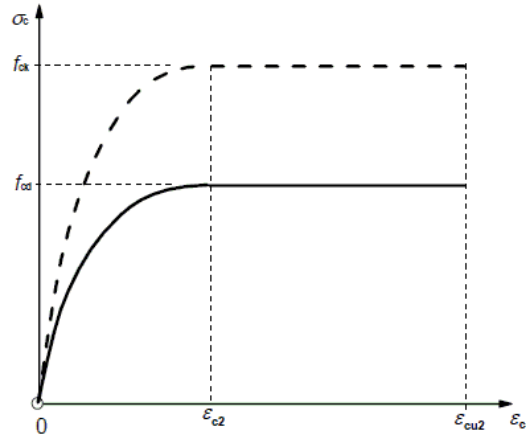
Calculando a capacidade resiliente

O cálculo da capacidade de resistência final das secções é feito com base nos seguintes pressupostos gerais (artigo 6.1):

- A depleção é caracterizada pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definido pelos domínios da depleção.
- As deformações em concreto seguem uma lei plana.
- As deformações da armadura passiva permanecem as mesmas do betão que as rodeia.
- As tensões no betão sob compressão derivam da relação tensão-deformação indicada no ponto 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo de tensão-deformação do concreto é do tipo certo de parábola. A resistência à tração do concreto não é considerada.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 147 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



σ_{c2}: Tensão unitária final de acordo com o quadro 3.1.

σ_{c2} : 0.0035

ε_{c2}: Unidade de deformação sob carga máxima, de acordo com o Quadro 3.1.

ε_{c2} : 0.0020

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Siendo:

α_{cc}: Fator que leva em conta a fadiga do concreto quando submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de longo prazo.

α_{cc} : 1.00

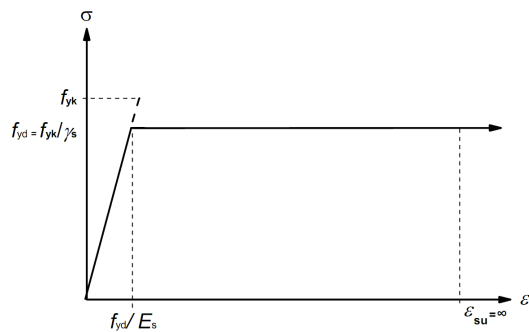
f_{ck}: Resistência à compressão característica do betão.

Fck : 40.00 MPa

γ_c: Coeficiente de segurança parcial para betão.

γ_c : 1.5

e) As tensões nos reforços são obtidas a partir do diagrama apresentado: Artigo 3.2, Figura 3.8



ε_{su}: Tensão unitária final em conformidade com o artigo 3.2.7, ponto 2, alínea b).

ε_{su} : 0.0100

f_{yd}: Limite elástico da armadura.

FYD : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 148 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Siendo:

f_{yk}: Resistência característica do aço.

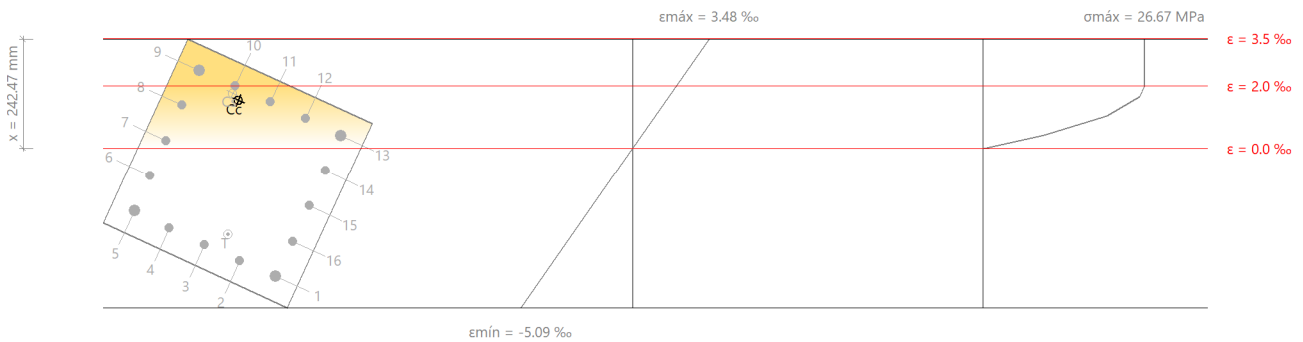
f_{yk} : 500.00 MPa

γ_s: Coeficiente de segurança parcial para o aço.

Γ_s : 1.15

e) As equações gerais de equilíbrio de forças e momentos são aplicadas aos resultantes de tensões na secção.

Equilíbrio da secção para tensões de exaustão, calculado com as mesmas excentricidades que as tensões de cálculo peggimas:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	ΣΣ (MPa)	E
1	Ø25	-172.50	172.50	-434.78	-0.004091
2	Ø20	-86.25	175.00	-434.78	-0.003605
3	Ø20	0.00	175.00	-434.78	-0.003087
4	Ø20	86.25	175.00	-434.78	-0.002569
5	Ø25	172.50	172.50	-403.78	-0.002019
6	Ø20	175.00	86.25	-175.72	-0.000879
7	Ø20	175.00	0.00	+49.34	+0.000247
8	Ø20	175.00	-86.25	+274.40	+0.001372
9	Ø25	172.50	-172.50	+434.78	+0.002482
10	Ø20	86.25	-175.00	+399.39	+0.001997
11	Ø20	0.00	-175.00	+295.81	+0.001479

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 149 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\Sigma\Sigma$ (MPa)	E
12	Ø20	-86.25	-175.00	+192.22	+0.000961
13	Ø25	-172.50	-172.50	+82.11	+0.000411
14	Ø20	-175.00	-86.25	-145.95	-0.000730
15	Ø20	-175.00	0.00	-371.01	-0.001855
16	Ø20	-175.00	86.25	-434.78	-0.002980

	Resultado kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1362.88	66.26	-148.24
Cs	634.23	84.00	-157.66
T	1175.61	-38.52	132.11

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$NRd : \underline{821.49} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$MRd,x : \underline{-457.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$MRd,y : \underline{188.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Cc: Resultante de compressões em betão.

$$Cc : \underline{1362.88} \text{ kN}$$

Cs: Resultante de compressões em aço.

$$Cs : \underline{634.23} \text{ kN}$$

T: Resultante do aço à tração

$$T : \underline{1175.61} \text{ kN}$$

ecc: Excentricidade das compressões resultantes no concreto na direção dos eixos X e Y.

$$CEC,X : \underline{66.26} \text{ em milímetro}$$

$$CEC,Y : \underline{-148.24} \text{ em milímetro}$$

ecs: Excentricidade das compressões resultantes no aço na direção dos eixos X e Y.

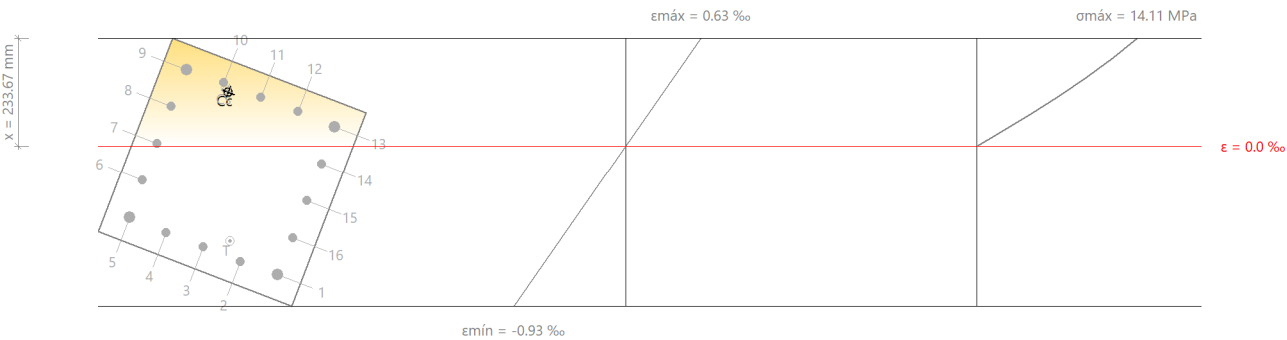
$$ECS,X : \underline{84.00} \text{ em milímetro}$$

$$ECS,Y : \underline{-157.66} \text{ em milímetro}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 150 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

eT : Excentricidade da resistência à tração resultante no aço na direção dos eixos X e Y.	eT,x : <u>-38.52</u> em milímetro
	eT,y : <u>132.11</u> em milímetro
ε_{cmax} : Deformação da fibra de betão mais comprimido.	E_{cmax} : <u>0.0035</u>
ε_{smax} : Deformação da barra de aço mais trativa.	E_{smax} : <u>0.0041</u>
σ_{cmax} : Tensão da fibra mais comprimida de betão.	σ_{cmax} : <u>26.67</u> MPa
σ_{smax} : Tensão da barra de aço mais trativa.	σ_{smax} : <u>434.78</u> MPa

Saldo de seção para esforços de solicitação de cálculo insatisfatórios:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	ΣΣ (MPa)	E
1	Ø25	-172.50	172.50	-150.52	-0.000753
2	Ø20	-86.25	175.00	-135.12	-0.000676
3	Ø20	0.00	175.00	-118.47	-0.000592
4	Ø20	86.25	175.00	-101.81	-0.000509
5	Ø25	172.50	172.50	-83.90	-0.000420
6	Ø20	175.00	86.25	-40.17	-0.000201
7	Ø20	175.00	0.00	+3.08	+0.000015
8	Ø20	175.00	-86.25	+46.33	+0.000232
9	Ø25	172.50	-172.50	+89.10	+0.000445
10	Ø20	86.25	-175.00	+73.69	+0.000368
11	Ø20	0.00	-175.00	+57.04	+0.000285

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 151 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\Sigma\Sigma$ (MPa)	E
12	Ø20	-86.25	-175.00	+40.38	+0.000202
13	Ø25	-172.50	-172.50	+22.47	+0.000112
14	Ø20	-175.00	-86.25	-21.26	-0.000106
15	Ø20	-175.00	0.00	-64.51	-0.000323
16	Ø20	-175.00	86.25	-107.76	-0.000539

	Resultado kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	405.68	70.37	-159.92
Cs	124.05	74.65	-162.12
T	300.14	-49.89	142.67

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Ed} : \underline{229.58} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Ed,x} : \underline{-127.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Ed,y} : \underline{52.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Cc: Resultante de compressões em betão.

$$C_c : \underline{405.68} \text{ kN}$$

Cs: Resultante de compressões em aço.

$$C_s : \underline{124.05} \text{ kN}$$

T: Resultante do aço à tração

$$T : \underline{300.14} \text{ kN}$$

ecc: Excentricidade das compressões resultantes no concreto na direção dos eixos X e Y.

$$CEC,X : \underline{70.37} \text{ em milímetro}$$

$$CEC,Y : \underline{-159.92} \text{ em milímetro}$$

ecs: Excentricidade das compressões resultantes no aço na direção dos eixos X e Y.

$$ECS,X : \underline{74.65} \text{ em milímetro}$$

$$ECS,Y : \underline{-162.12} \text{ em milímetro}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 152 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

eT: Excentricidade da resistência à tração resultante no aço na direção dos eixos X e Y.

eT,x : -49.89 em milímetro

eT,y : 142.67 em milímetro

ε_{cmax}: Deformação da fibra de betão mais comprimido.

ε_{cmax} : 0.0006

ε_{smax}: Deformação da barra de aço mais trativa.

ε_{smax} : 0.0008

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

σ_{cmax} : 14.11 MPa

σ_{smax}: Tensão da barra de aço mais trativa.

σ_{smax} : 150.52 MPa

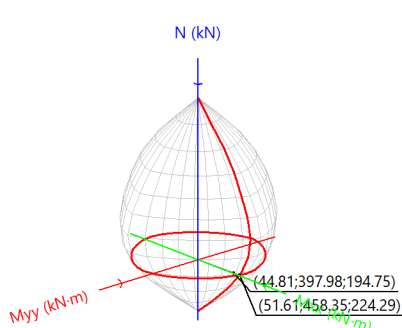
Estado-limite de exaustão face a tensões normais (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, artigos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os piores esforços de solicitação de cálculo ocorrem em 'Pie', para a combinação de hipóteses "PP+CM+H1+0.8· Qa+0.3· SX1+SY1".

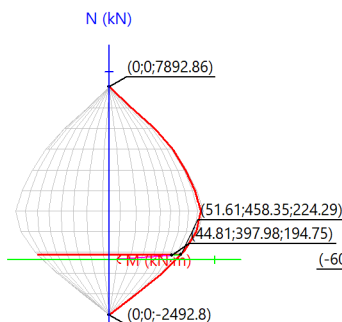
Devem ser satisfeitas as seguintes condições:

$$\eta_l = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

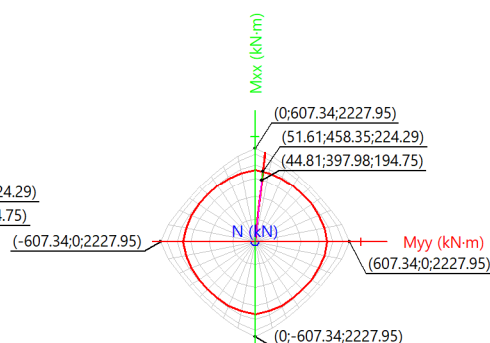
η : 0.868 ✓



Volumen de capacidade



Vista N, M



Vista Mx, My

Verificação da intensidade da secção (η₁)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 153 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, quando aplicável, a excentricidade mínima de acordo com 6.1(4):

N_{Ed}: Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 194.75 kN

M_{Ed}: Momento de cálculo da primeira ordem.

M_{Ed,x} : 397.98 kN·m

M_{Ed,y} : 44.81 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são as tensões que produzem o esgotamento da seção com as mesmas excentricidades que as peggimas tensões de solicitação de cálculo.

N_{Rd}: Axil de exaustão.

N_{Rd} : 224.29 kN

M_{Rd}: Momentos de exaustão.

M_{Rd,x} : 458.35 kN·m

M_{Rd,y} : 51.61 kN·m

Donde:

$$N_{Ed} = N_d$$

$$M_{Ed} = N_d \cdot e_e$$

Siendo:

ee: Excentricidade de primeira ordem. É calculado tendo em conta a excentricidade mínima e_{min} de acordo com o artigo 6.1(4).

ee,x : 230.11 em milímetro

ee,y : 2043.53 em milímetro

Neste caso, as excentricidades $e_{0,x}$ e $e_{0,y}$ são superiores ao mínimo.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

No eixo x:

$$e_{min} = \frac{h}{30} \leq 20 \text{ mm}$$

E_{min} : 20.00 em milímetro

h: Profundidade da secção no plano de flexão considerado.

h : 450.00 em milímetro

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

e₀ : 2043.53 em milímetro

Donde:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 154 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Md: Momento do cálculo da primeira ordem.

Md : 397.98 kN·m

Nd: Esforço normal de cálculo.

Nd : 194.75 kN

No eixo y:

$$e_{\min} = \frac{h}{30} \leq 20 \text{ mm}$$

Emin : 20.00 em milímetro

h: Profundidade da secção no plano de flexão considerado.

h : 450.00 em milímetro

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

e0 : 230.11 em milímetro

Donde:

Md: Momento do cálculo da primeira ordem.

Md : 44.81 kN·m

Nd: Esforço normal de cálculo.

Nd : 194.75 kN

Verificação do Limite do Estado de Instabilidade

No eixo x:

Os efeitos de segunda ordem podem ser negligenciados, uma vez que a esbeltez mecânica do suporte λ é inferior à magreza do limite inferior λ_{lim} indicada no ponto 5.8.3.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

λ : 25.02

Donde:

l0: Comprimento Sag

l0 : 3.250 m

ic: Raio de viragem da secção de betão.

ic : 12.99 cm

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

I: Inércia.

Eu : 341718.75 cm⁴

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

λinf : 75.73

Donde:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 155 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef})$$

$$U_m : \underline{0.74}$$

Siendo:

φ_{ef} : Coeficiente de fluência efetivo.

$$\vartheta_{EF} : \underline{1.8}$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega}$$

$$B : \underline{1.39}$$

Siendo:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$\omega : \underline{0.46}$$

Donde:

As: Área de reforço longitudinal total.

$$\text{Como} : \underline{57.33} \text{ cm}^2$$

Ac: Área total da secção de betão.

$$\text{CA} : \underline{2025.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Limite elástico da armadura.

$$\text{FYD} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

$$\text{FCD} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

$$C = 0.7$$

$$C : \underline{0.70}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$n : \underline{0.04}$$

Siendo:

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

$$\text{NEd} : \underline{194.75} \text{ kN}$$

No eixo y:

Os efeitos de segunda ordem podem ser negligenciados, uma vez que a esbeltez mecânica do suporte λ é inferior à magreza do limite inferior λ_{lim} indicada no ponto 5.8.3.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{25.02}$$

Donde:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 156 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

l0: Comprimento Sag **l0** : 3.250 m
ic: Raio de viragem da secção de betão. **ic** : 12.99 cm
Ac: Área total da secção de betão. **CA** : 2025.00 cm²
I: Inércia. **Eu** : 341718.75 cm⁴

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} \quad \lambda_{inf} : \underline{75.73}$$

Donde:

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}) \quad Um : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\varphi_{ef}: \text{Coeficiente de fluência efetivo.} \quad \vartheta_{EF} : \underline{1.8}$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \quad B : \underline{1.39}$$

Siendo:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad \omega : \underline{0.46}$$

Donde:

$$As: \text{Área de reforço longitudinal total.} \quad Como : \underline{57.33} \text{ cm}^2$$

$$Ac: \text{Área total da secção de betão.} \quad CA : \underline{2025.00} \text{ cm}^2$$

$$fyd: \text{Limite elástico da armadura.} \quad FYD : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

$$fcd: \text{Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.} \quad FCD : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

$$C = 0.7 \quad C : \underline{0.70}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n : \underline{0.04}$$

Siendo:

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 157 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

N_{Ed}: Tensão de compressão axial de cálculo.

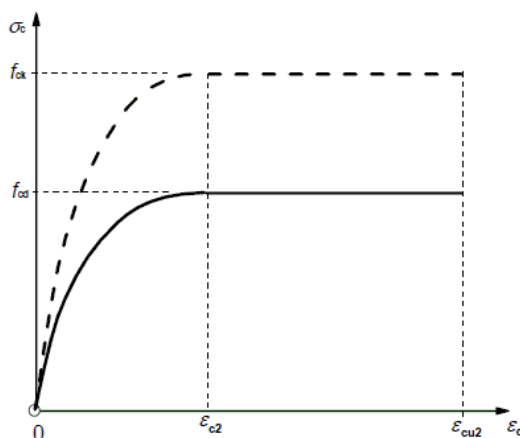
N_{Ed} : 194.75 kN

Calculando a capacidade resiliente

O cálculo da capacidade de resistência final das secções é feito com base nos seguintes pressupostos gerais (artigo 6.1):

- A depleção é caracterizada pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definido pelos domínios da depleção.
- As deformações em concreto seguem uma lei plana.
- As deformações da armadura passiva permanecem as mesmas do betão que as rodeia.
- As tensões no betão sob compressão derivam da relação tensão-deformação indicada no ponto 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo de tensão-deformação do concreto é do tipo certo de parábola. A resistência à tração do concreto não é considerada.



exv2: Tensão unitária final de acordo com o quadro 3.1.

exv2 : 0.0035

ex2: Unidade de deformação sob carga máxima, de acordo com o Quadro 3.1.

EX2 : 0.0020

f_{cd}: Resistência ao Cálculo à Compressão do Betão.

FCD : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Siendo:

α_{cc}: Fator que leva em conta a fadiga do concreto quando submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de longo prazo.

υ_{μcc} : 1.00

f_{ck}: Resistência à compressão característica do betão.

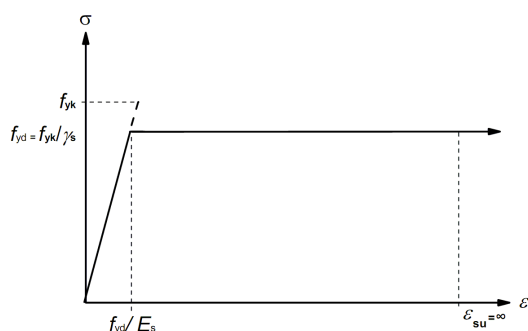
Fck : 40.00 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 158 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

γ_x : Coeficiente de segurança parcial para betão.

Γ_X : 1.5

e) As tensões nos reforços são obtidas a partir do diagrama apresentado: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Tensão unitária final em conformidade com o artigo 3.2.7, ponto 2, alínea b).

ϵ_{SY} : 0.0100

fyd: Limite elástico da armadura.

FYD : 434.78 MPa

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Siendo:

fyk: Resistência característica do aço.

fyk : 500.00 MPa

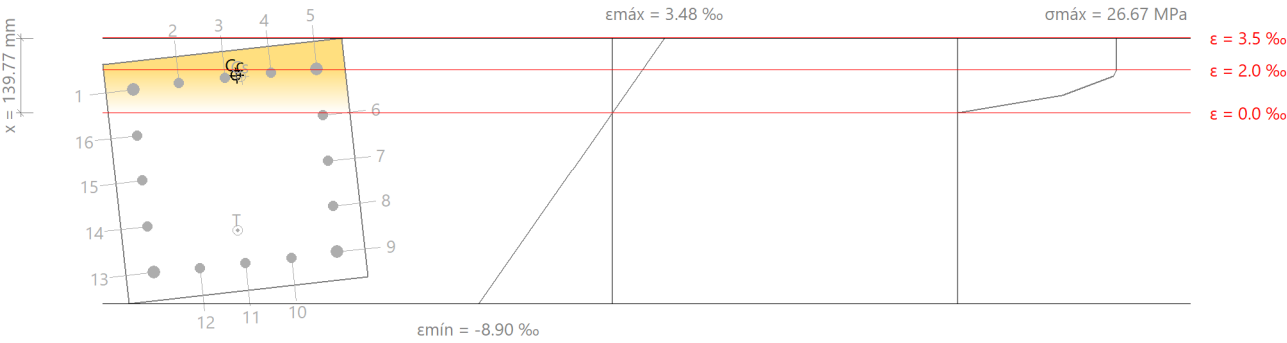
γ_s : Coeficiente de segurança parcial para o aço.

Γ_S : 1.15

e) As equações gerais de equilíbrio de forças e momentos são aplicadas aos resultantes de tensões na seção.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 159 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para tensões de exaustão, calculado com as mesmas excentricidades que as tensões de cálculo peggimas:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	ΣΣ (MPa)	E
1	Ø25	-172.50	172.50	+218.25	+0.001091
2	Ø20	-86.25	175.00	+277.98	+0.001390
3	Ø20	0.00	175.00	+325.33	+0.001627
4	Ø20	86.25	175.00	+372.68	+0.001863
5	Ø25	172.50	172.50	+407.65	+0.002038
6	Ø20	175.00	86.25	-18.16	-0.000091
7	Ø20	175.00	0.00	-434.78	-0.002227
8	Ø20	175.00	-86.25	-434.78	-0.004363
9	Ø25	172.50	-172.50	-434.78	-0.006505
10	Ø20	86.25	-175.00	-434.78	-0.006804
11	Ø20	0.00	-175.00	-434.78	-0.007041
12	Ø20	-86.25	-175.00	-434.78	-0.007278
13	Ø25	-172.50	-172.50	-434.78	-0.007452
14	Ø20	-175.00	-86.25	-434.78	-0.005323
15	Ø20	-175.00	0.00	-434.78	-0.003187
16	Ø20	-175.00	86.25	-210.30	-0.001052

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 160 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultado kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1065.19	21.07	177.41
Cs	613.87	30.31	173.75
T	1454.77	-7.26	-111.85

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$\mathbf{NRd} : \underline{224.29} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$\mathbf{MRd,x} : \underline{458.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$\mathbf{MRd,y} : \underline{51.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Cc: Resultante de compressões em betão.

$$\mathbf{Cc} : \underline{1065.19} \text{ kN}$$

Cs: Resultante de compressões em aço.

$$\mathbf{Cs} : \underline{613.87} \text{ kN}$$

T: Resultante do aço à tração

$$\mathbf{T} : \underline{1454.77} \text{ kN}$$

ecc: Excentricidade das compressões resultantes no concreto na direção dos eixos X e Y.

$$\mathbf{CEC,X} : \underline{21.07} \text{ em milímetro}$$

$$\mathbf{CEC,Y} : \underline{177.41} \text{ em milímetro}$$

ecs: Excentricidade das compressões resultantes no aço na direção dos eixos X e Y.

$$\mathbf{ECS,X} : \underline{30.31} \text{ em milímetro}$$

$$\mathbf{ECS,Y} : \underline{173.75} \text{ em milímetro}$$

eT: Excentricidade da resistência à tração resultante no aço na direção dos eixos X e Y.

$$\mathbf{eT,x} : \underline{-7.26} \text{ em milímetro}$$

$$\mathbf{eT,y} : \underline{-111.85} \text{ em milímetro}$$

ε_{cmax}: Deformação da fibra de betão mais comprimido.

$$\mathbf{\epsilon_{cmax}} : \underline{0.0035}$$

ε_{smax}: Deformação da barra de aço mais trativa.

$$\mathbf{\epsilon_{smax}} : \underline{0.0075}$$

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

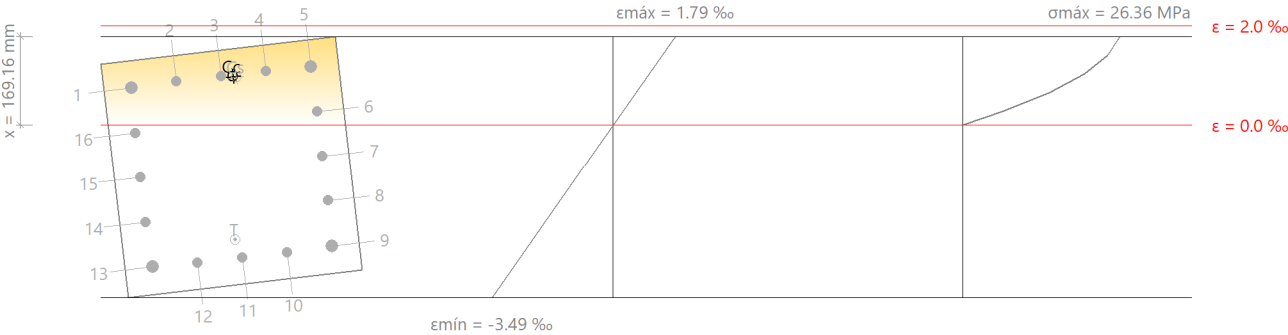
$$\mathbf{\sigma_{cmax}} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensão da barra de aço mais trativa.

$$\mathbf{\sigma_{smax}} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 161 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Saldo de seção para esforços de solicitação de cálculo insatisfatórios:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\Sigma\Sigma$ (MPa)	E
1	Ø25	-172.50	172.50	+149.09	+0.000745
2	Ø20	-86.25	175.00	+175.57	+0.000878
3	Ø20	0.00	175.00	+196.80	+0.000984
4	Ø20	86.25	175.00	+218.04	+0.001090
5	Ø25	172.50	172.50	+234.04	+0.001170
6	Ø20	175.00	86.25	+53.86	+0.000269
7	Ø20	175.00	0.00	-126.93	-0.000635
8	Ø20	175.00	-86.25	-307.72	-0.001539
9	Ø25	172.50	-172.50	-434.78	-0.002446
10	Ø20	86.25	-175.00	-434.78	-0.002578
11	Ø20	0.00	-175.00	-434.78	-0.002684
12	Ø20	-86.25	-175.00	-434.78	-0.002790
13	Ø25	-172.50	-172.50	-434.78	-0.002870
14	Ø20	-175.00	-86.25	-393.90	-0.001970
15	Ø20	-175.00	0.00	-213.11	-0.001066
16	Ø20	-175.00	86.25	-32.32	-0.000162

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 162 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultado kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	978.31	22.75	171.86
Cs	390.47	28.95	169.95
T	1174.03	-9.58	-139.25

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Ed} : \underline{194.75} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Ed,x} : \underline{397.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Ed,y} : \underline{44.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Cc: Resultante de compressões em betão.

$$C_c : \underline{978.31} \text{ kN}$$

Cs: Resultante de compressões em aço.

$$C_s : \underline{390.47} \text{ kN}$$

T: Resultante do aço à tração

$$T : \underline{1174.03} \text{ kN}$$

ecc: Excentricidade das compressões resultantes no concreto na direção dos eixos X e Y.

$$CEC,X : \underline{22.75} \text{ em milímetro}$$

$$CEC,Y : \underline{171.86} \text{ em milímetro}$$

ecs: Excentricidade das compressões resultantes no aço na direção dos eixos X e Y.

$$ECS,X : \underline{28.95} \text{ em milímetro}$$

$$ECS,Y : \underline{169.95} \text{ em milímetro}$$

eT: Excentricidade da resistência à tração resultante no aço na direção dos eixos X e Y.

$$eT,x : \underline{-9.58} \text{ em milímetro}$$

$$eT,y : \underline{-139.25} \text{ em milímetro}$$

ε_{cmax}: Deformação da fibra de betão mais comprimido.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0018}$$

ε_{smax}: Deformação da barra de aço mais trativa.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0029}$$

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

$$\sigma_{cmax} : \underline{26.36} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensão da barra de aço mais trativa.

$$\sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 163 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Critérios de conceção sísmica (NP EN 1998-1:2010)

Geometria

A menor dimensão transversal dos pilares sísmicos primários não deve ser inferior a 250,00 mm (artigo 5.4.1.2.2, n.o 2):

$$b_{\min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$450,00 \text{ milímetros} \geq 250,00 \text{ milímetros} \quad \checkmark$$

Donde:

Bmin: Dimensão mínima da secção.

Bmin : 450.00 em milímetro

Reforço longitudinal

A quantidade total de reforço longitudinal ρ_1 não deve ser inferior a 0,01 (artigo 5.4.3.2.2(1)).

$$\rho_1 \geq 0.01$$

$$0.0283 \geq 0.0100 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c}$$

$$\rho_1 : \quad \underline{0.0283}$$

Siendo:

As: Área do reforço longitudinal.

Como : 57.33 cm²

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

A quantidade total de reforço longitudinal ρ_1 não deve exceder 0,04 (artigo 5.4.3.2.2(1)).

$$\rho_1 \leq 0.04$$

$$0.0283 \leq 0.0400 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c}$$

$$\rho_1 : \quad \underline{0.0283}$$

Siendo:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 164 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

As: Área do reforço longitudinal.

Como : 57.33 cm²

Ac: Área total da secção de betão.

CA : 2025.00 cm²

A armadura longitudinal deve consistir em, pelo menos, três barras de cada lado (artigo 5.5.3.2.2, n.o 2):

$$n \geq 3$$

$$5 \geq 3 \quad \checkmark$$

Armadura transversal

O diâmetro da armadura transversal não deve ser inferior a 6 mm (artigo 5.4.3.2.2, n.o 10).

$$d_{bw} \geq 6 \text{ mm}$$

$$10 \text{ milímetros} \geq 6 \text{ milímetros} \quad \checkmark$$

Donde:

dbw: Menor diâmetro do reforço transversal.

DBW : 10 em milímetro

Deve prever-se uma quantidade mecânica mínima de reforço transversal ao longo da área crítica da base da coluna que satisfaça a seguinte condição (n.o 9 do artigo 5.4.3.2.2):

$$\omega_{w,min} \geq 0.08$$

$$0.3002 \geq 0.0800 \quad \checkmark$$

Donde:

$\omega_{w,min}$: Quantidade mecânica volumétrica de confinamento.

$\omega_{w, min}$: 0.3002

Ao longo das zonas críticas dos cais sísmicos primários, o espaçamento das vedações não deve exceder $s_{cl,tmax}$ (artigo 5.4.3.2.2(11)):

$$s_t \leq s_{cl,tmax}$$

$$100 \text{ milímetros} \leq 160 \text{ milímetros} \quad \checkmark$$

Donde:

scl,tmax: Valor mínimo de s1,s2,s3.

scl, tmax : 160 em milímetro

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 165 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$s_1 = b_0/2$$

s1 : 190 em milímetro

$$s_2 = 175 \text{ mm}$$

s2 : 175 em milímetro

$$s_3 = 8 \cdot d_{bl}$$

s3 : 160 em milímetro

Siendo:

b0: Menor dimensão do núcleo de betão limitado pelo eixo das vedações.

b0 : 380 em milímetro

dbl: Diâmetro da barra comprimida mais fina.

DBL : 20 em milímetro

O espaçamento entre barras longitudinais consecutivas amarradas por vedações ou ramos não deve exceder 200 mm (artigo 5.4.3.2.2(11)).

$$s \leq 200 \text{ mm}$$

190 milímetros ≤ 200 milímetros ✓

Donde:

s: Separação entre barras longitudinais consecutivas amarradas por cercas ou ramos.

s : 190 em milímetro

Condições de ductilidade globais e locais (4.4.2.3) (EN 1998-1:2004, NP EN 1998-1:2010)

Nesta zona, as verificações de design de capacidade não são aplicáveis.



Cliente		Empreiteiro EPC			
		  			
Projeto n.º	Projeto		Data	Rev.	Pág.
	Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)		18/02/2025	01.0	166 de 288
Código AdA			Código ACE		
AL-ACE-3611-CW-CAC-00001			AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Efeitos da ação de cálculo. Pilares (5.4.2.3) (EN 1998-1:2004)

(1)P Nas colunas primárias resistentes a sísmicos, os valores para o cálculo das tensões de cisalhamento devem ser determinados de acordo com o critério de dimensionamento da capacidade, com base na situação de equilíbrio da coluna sob os momentos, no final $M_{i,d}$ (com $i=1,2$ indicando as extremidades da coluna), correspondendo à formação de juntas esféricas plásticas para as direções positiva e negativa da carga sísmica. Deve presumir-se que as juntas esféricas de plástico se formam nas extremidades do pilar ou (se aí se formarem primeiro) nos elementos verticais ligados às juntas nas quais as extremidades desses encontros estão inseridas. (ver Figura 5.2).

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$



donde:

VRd: É o valor de cálculo da resistência ao cisalhamento do elemento.

VED: Valor de cálculo da tensão de cisalhamento produzida por ações externas.

(2) Os momentos no final $M_{i,d}$ que aparecem no ponto (1)P podem ser calculados por:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min \left(1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right) \quad (5.9)$$

donde:

γ_{Rd} é o coeficiente que considera a possível reserva de resistência devido ao endurecimento por deformação do aço e ao confinamento do concreto da zona de compressão da seção, que é tomado como 1,1;

$M_{Rc,i}$ é o valor de cálculo do momento de resistência do pilar na sua extremidade i , na direção do momento de flexão sísmica sob o sentido considerado de ação sísmica;

$\sum M_{Rc}$ e $\sum M_{Rb}$ representam a soma dos valores de cálculo dos momentos de resistência das colunas e a soma dos valores de cálculo dos momentos de resistência das vigas que convergem na junta, respetivamente (ver ponto 4) do ponto 4.4.2.3). O valor de $\sum M_{Rc}$ deve corresponder à força ou forças axiais do pilar no cálculo da situação sísmica para a direção considerada da ação sísmica.

	$M_{1,d}^+$ (kN·m)	$M_{1,d}^-$ (kN·m)	$M_{2,d}^+$ (kN·m)	$M_{2,d}^-$ (kN·m)	VEd (kN)	VRd (kN)	
X	525.88	525.88	167.09	342.24	267.11	502.80	✓
Y	525.88	525.88	213.13	111.65	227.39	301.68	✓ *

(*): Pésimo

Vão	VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (EUROCÓDIGO 2 NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010)																Estado	
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	T _c	T _{st}	TNM _x	TV _x	TV _y	TV _{xS_c}	TV _{yS_c}	T _r Disp. _{-sl}	T _r Disp. _{-st}	Disp. S.		Cap. S
P3 - P4	Verifica	Verifica	'2.425 m' η = 49.2	'2.425 m' η = 81.5	'3.925 m' η = 44.3	'P3' η = 80.5	'0.000 m' η = 24.3	'0.308 m' η = 14.6	'0.308 m' η = 77.2	N.A. ⁽¹⁾	'0.000 m' η = 52.4	N.A. ⁽¹⁾	'8.042 m' Verifica	'0.308 m' Verifica	'0.308 m' Verifica	'0.000 m' Verifica	'0.308 m' Verifica	VERIFICA
Anotação:																		
Disp.: Disposições relativas às armaduras																		
Arm.: Armadura mínima e máxima																		
Q: Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações não sísmicas)																		
Q S.: Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações sísmicas)																		
N,M: Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações não sísmicas)																		
N,M S.: Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações sísmicas)																		
T _c : Estado limite de resistência por torção. Compressão oblíqua.																		
T _{st} : Estado limite de resistência por torção. Tração na alma.																		
TNM _x : Estado limite de resistência por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X.																		
TV _x : Estado limite de resistência por torção. Interação entre torção e esforço transversal no eixo X. Compressão oblíqua																		
TV _y : Estado limite de resistência por torção. Interação entre torção e esforço transversal no eixo Y. Compressão oblíqua																		
TV _{xS_c} : Estado limite de resistência por torção. Interação entre torção e esforço transversal no eixo X. Tração na alma.																		
TV _{yS_c} : Estado limite de resistência por torção. Interação entre torção e esforço transversal no eixo Y. Tração na alma.																		
T _r Disp. _{-sl} : Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura longitudinal.																		
T _r Disp. _{-st} : Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura transversal.																		
Disp. S.: Critérios de dimensionamento por sismo																		
Cap. S: Esforços de cálculo. Vigas (5.4.2.2)																		
x: Distância à origem da barra																		
η: Coeficiente de aproveitamento (%)																		
N.A.: Não aplicável																		
Verificações que não são necessárias (N.A.):																		
^(1) Não há interação entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.																		

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 168 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Vão	VERIFICAÇÕES DE FENDILHAÇÃO (EUROCÓDIGO 2 NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010)						Estado
	$W_{k,F, sup.}$	$W_{k,F, Lat. Dir.}$	$W_{k,F, inf.}$	$W_{k,F, Lat. Esq.}$	σ_{sr}	V_{fend}	
P3 - P4	x: 0 m Verifica	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m Verifica	x: 0 m Verifica	VERIFICA
Anotação: $W_{k,F, sup.}$: Cálculo da largura de fenda: Face superior $W_{k,F, Lat. Dir.}$: Cálculo da largura de fenda: Face lateral direita $W_{k,F, inf.}$: Cálculo da largura de fenda: Face inferior $W_{k,F, Lat. Esq.}$: Cálculo da largura de fenda: Face lateral esquerda σ_{sr} : Área mínima de armadura V_{fend} : Fendilhação devida a tensões tangenciais de esforço transversal x: Distância à origem da barra η : Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável							
Verificações que não são necessárias (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura traccionada.							

Viga	A prazo infinito (Quase permanente) $f_{T, max} \leq f_{T, lim}$ $f_{T, lim} = L/250$	Activa (Quase permanente) $f_{A, max} \leq f_{A, lim}$ $f_{A, lim} = L/500$	Estado
P3 - P4	$f_{T, max}$: 9.39 mm $f_{T, lim}$: 33.40 mm	$f_{A, max}$: 4.66 mm $f_{A, lim}$: 16.70 mm	VERIFICA

3. VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA

P3 - P4 (P3 - 0.925 m, Negativos)

Disposições relativas às armaduras (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.3, 8.2 e 9.5)

Armadura longitudinal

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{min}$$

32 mm $\geq$ 25 mm ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 169 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Em que:

s_{min}: Valor máximo de s₁, s₂, s₃.

s_{min} : 25 mm

$$s_1 = \phi_{\max}$$

s₁ : 20 mm

$$s_2 = 5 + d_g$$

s₂ : 25 mm

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

s₃ : 20 mm

Sendo:

Ø_{max}: Maior diâmetro dos varões longitudinais.

Ø_{max} : 20 mm

d_g: Dimensão máxima do agregado.

d_g : 20 mm

Armaduras transversais

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{\min}$$

70 mm ≥ 25 mm ✓

Em que:

s_{min}: Valor máximo de s₁, s₂, s₃.

s_{min} : 25 mm

$$s_1 = \phi_{\max}$$

s₁ : 10 mm

$$s_2 = 5 + d_g$$

s₂ : 25 mm

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

s₃ : 20 mm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 170 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

$\varnothing_{\max}$: Maior diâmetro dos varões transversais.

$\varnothing_{\max}$: 10 mm

d_g : Dimensão máxima do agregado.

d_g : 20 mm

Armadura mínima e máxima (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2)

Flexão positiva em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 1.56 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{1.56} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t : Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

d : Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$18.60 \text{ cm}^2 \geq 1.56 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{1.56} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t : Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 171 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

d: Altura útil da secção.

d : 300.65 mm

As áreas de armadura de tracção ou de compressão não deveriam ser maiores que $A_{s,max}$, excluindo as zonas de sobreposição (Artigo 9.2.1.1(3)):

$$A_s \leq A_{s,max}$$

$$28.02 \text{ cm}^2 \leq 56.00 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} : \underline{56.00} \text{ cm}^2$$

Sendo:

A_c: Área total da secção de betão.

$$A_c : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$18.60 \text{ cm}^2 \geq 2.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s: Área total da armadura de tracção.

$$A_s : \underline{18.60} \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{2.19} \text{ cm}^2$$

Sendo:

f_{yk}: Tensão de cedência da armadura passiva.

$$f_{yk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

f_{ctm}: Resistência média à tracção.

$$f_{ctm} : \underline{3.51} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck}: [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

$$f_{ck} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

b_t: Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \underline{400.00} \text{ mm}$$

d: Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.65} \text{ mm}$$

Flexão positiva em torno do eixo x:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 172 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 2.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s : Área total da armadura de tracção.

$$A_s : \quad 9.42 \quad \text{cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \quad 2.19 \quad \text{cm}^2$$

Sendo:

f_{yk} : Tensão de cedência da armadura passiva.

$$f_{yk} : \quad 500.00 \quad \text{MPa}$$

f_{ctm} : Resistência média à tracção.

$$f_{ctm} : \quad 3.51 \quad \text{MPa}$$

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck} : [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

$$f_{ck} : \quad 40.00 \quad \text{MPa}$$

b_t : Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \quad 400.00 \quad \text{mm}$$

d : Altura útil da secção.

$$d : \quad 300.00 \quad \text{mm}$$

Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

$$\eta_t = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \quad 0.126 \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \quad 108.75 \quad \text{kN}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 173 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$V_{Rd,max,Vy}$: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$V_{Rd,max,Vy} : \underline{865.87 \text{ kN}}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.341} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{108.75 \text{ kN}}$$

$V_{Rd,s,Vy}$: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$V_{Rd,s,Vy} : \underline{318.77 \text{ kN}}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.+)"

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} : \underline{865.87 \text{ kN}}$$

Em que:

α_{cw} : Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-2.93 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed} : Esforço axial de compressão de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.00 \text{ kN}}$$

A'_s : Área total de armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{9.42 \text{ cm}^2}$$

A_c : Área total da secção de betão.

$$A_c : \underline{1400.00 \text{ cm}^2}$$

f_{yd} : Resistência de cálculo da armadura A'_s .

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 174 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 270.58 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.+)"

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transversal na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 318.77 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 2.36 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.06 cm

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

f_{ywd} : 400.00 MPa

Sendo:

f_{ywk}: Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal.

f_{ywk} : 500.00 MPa

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 175 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$80 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.65 mm

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$150 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.65 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$0.0074 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 176 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

A taxa de armaduras de esforço transversal ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : \underline{0.0074}$$

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

$$\mathbf{A_{sw}} : \underline{2.36} \text{ cm}^2$$

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$\mathbf{s} : \underline{80} \text{ mm}$$

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : \underline{0.0010}$$

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$\mathbf{f_{yk}} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

$$\eta_l = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.289} \quad \checkmark$$

Em que:

V_{Ed,y}: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} : \underline{250.33} \text{ kN}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 177 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$V_{Rd,max,Vy}$: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$V_{Rd,max,Vy} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.785} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{250.33} \text{ kN}$$

$V_{Rd,s,Vy}$: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$V_{Rd,s,Vy} : \underline{318.77} \text{ kN}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

Em que:

α_{cw} : Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-2.93} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed} : Esforço axial de compressão de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

A'_s : Área total de armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{9.42} \text{ cm}^2$$

A_c : Área total da secção de betão.

$$A_c : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistência de cálculo da armadura A'_s .

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 178 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 270.58 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transversal na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 318.77 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 2.36 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.06 cm

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

f_{ywd} : 400.00 MPa

Sendo:

f_{ywk}: Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal.

f_{ywk} : 500.00 MPa

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 179 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$80 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$150 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$0.0074 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 180 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

A taxa de armaduras de esforço transversal ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : \underline{0.0074}$$

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

$$\mathbf{A_{sw}} : \underline{2.36} \text{ cm}^2$$

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$\mathbf{s} : \underline{80} \text{ mm}$$

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : \underline{0.0010}$$

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$\mathbf{f_{yk}} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em 'P3', para a combinação "Envoltor de momentos mínimos em combinações fundamentais".

Deve satisfazer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.403} \quad \checkmark$$

Verificação de resistência da secção (η_1)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 181 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -86.75 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: -215.05 kN·m

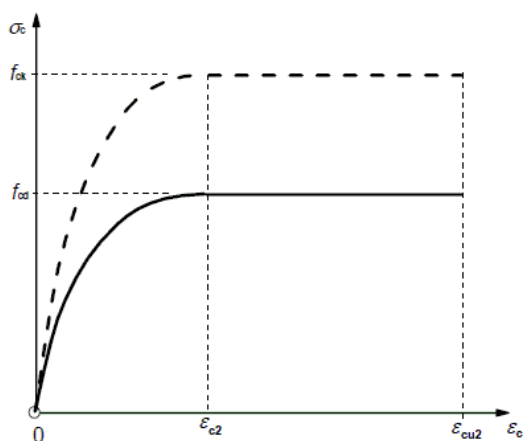
$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ϵ_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.



Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 182 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

α_{cc} : 1.00

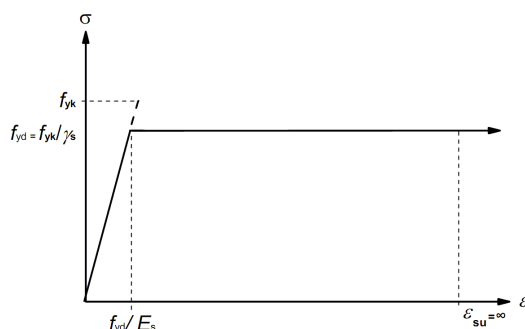
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço.

f_{yk} : 500.00 MPa

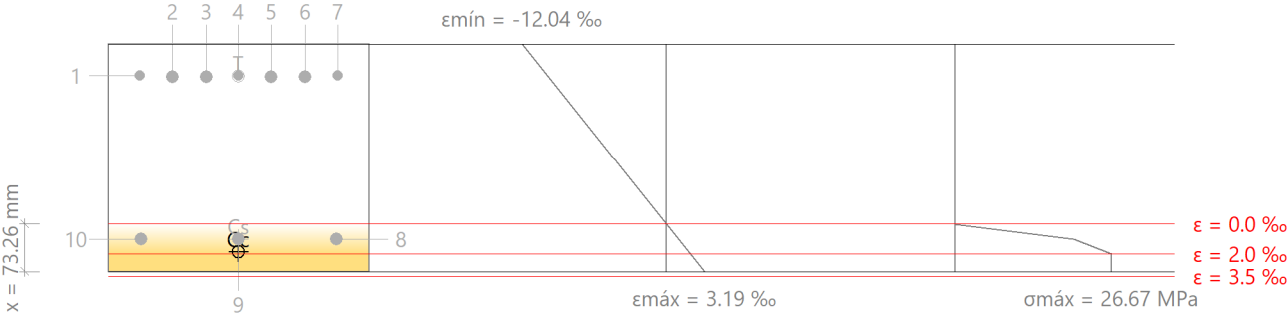
γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço.

γ_s : 1.15

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 183 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-434.78	-0.009950
2	Ø20	-102.00	125.00	-434.78	-0.009863
3	Ø20	-50.00	125.00	-434.78	-0.009863
4	Ø16	0.00	127.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	50.00	125.00	-434.78	-0.009863
6	Ø20	102.00	125.00	-434.78	-0.009863
7	Ø16	152.00	127.00	-434.78	-0.009950
8	Ø20	150.00	-125.00	+202.33	+0.001012
9	Ø20	0.00	-125.00	+202.33	+0.001012
10	Ø20	-150.00	-125.00	+202.33	+0.001012

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	617.93	0.00	-145.02
Cs	190.69	0.00	-125.00
T	808.62	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 184 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T \quad N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad M_{Rd,x} : \underline{-215.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 617.93 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 190.69 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 808.62 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : -145.02 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : -125.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : 125.65 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0032

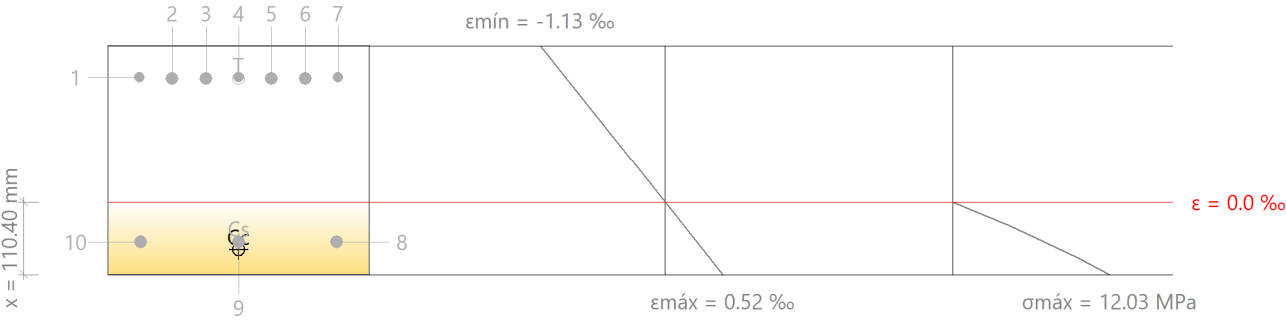
ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0099

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 26.67 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 185 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-179.98	-0.000900
2	Ø20	-102.00	125.00	-178.10	-0.000891
3	Ø20	-50.00	125.00	-178.10	-0.000891
4	Ø16	0.00	127.00	-179.98	-0.000900
5	Ø20	50.00	125.00	-178.10	-0.000891
6	Ø20	102.00	125.00	-178.10	-0.000891
7	Ø16	152.00	127.00	-179.98	-0.000900
8	Ø20	150.00	-125.00	+56.73	+0.000284
9	Ø20	0.00	-125.00	+56.73	+0.000284
10	Ø20	-150.00	-125.00	+56.73	+0.000284

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	278.90	0.00	-137.33
Cs	53.47	0.00	-125.00
T	332.37	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 186 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T \quad N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y} \quad M_{Ed,x} : \underline{-86.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x} \quad M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 278.90 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 53.47 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 332.37 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : -137.33 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : -125.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : 125.65 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0005

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0009

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 12.03 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 179.98 MPa

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em 'P3', para a combinação "Envoltor de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 187 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

η : **0.805** ✓

Verificação de resistência da secção (η_1)

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -173.07 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: -215.05 kN·m

$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

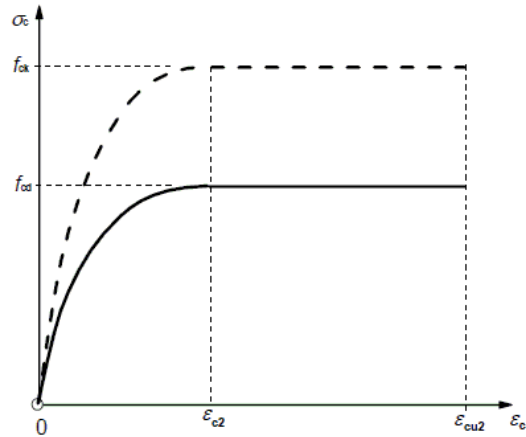
Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ϵ_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 188 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de longa duração.

α_{cc} : 1.00

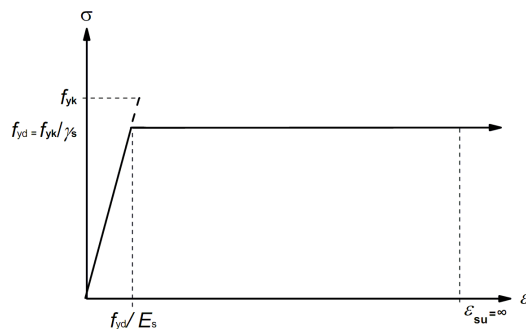
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 189 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

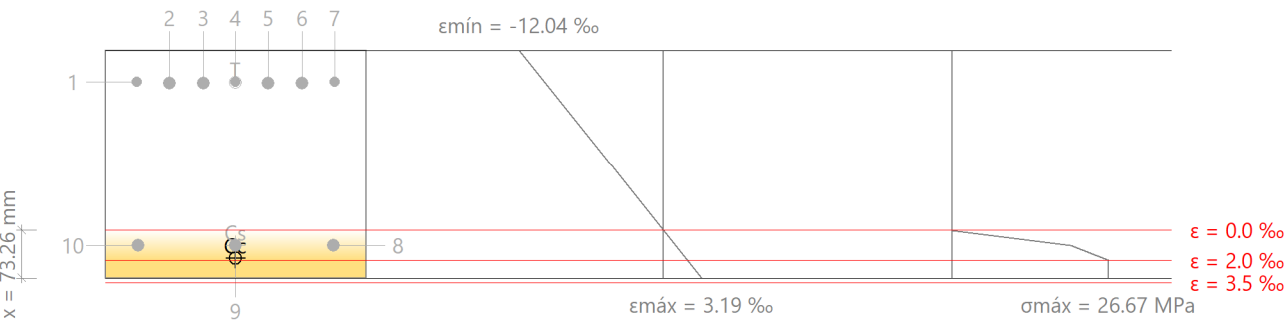
Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço. $f_{yk} : 500.00 \text{ MPa}$

γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço. $\gamma_s : 1.15$

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-434.78	-0.009950
2	Ø20	-102.00	125.00	-434.78	-0.009863
3	Ø20	-50.00	125.00	-434.78	-0.009863
4	Ø16	0.00	127.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	50.00	125.00	-434.78	-0.009863
6	Ø20	102.00	125.00	-434.78	-0.009863
7	Ø16	152.00	127.00	-434.78	-0.009950
8	Ø20	150.00	-125.00	+202.33	+0.001012
9	Ø20	0.00	-125.00	+202.33	+0.001012
10	Ø20	-150.00	-125.00	+202.33	+0.001012

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 190 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	617.93	0.00	-145.02
Cs	190.69	0.00	-125.00
T	808.62	0.00	125.65

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T \quad N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad M_{Rd,x} : \underline{-215.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$$C_c: \text{ Resultante de compressões no betão.} \quad C_c : \underline{617.93} \text{ kN}$$

$$C_s: \text{ Resultante de compressões no aço.} \quad C_s : \underline{190.69} \text{ kN}$$

$$T: \text{ Resultante de tracções no aço.} \quad T : \underline{808.62} \text{ kN}$$

$$e_{cc}: \text{ Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-145.02} \text{ mm}$$

$$e_{cs}: \text{ Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-125.00} \text{ mm}$$

$$e_T: \text{ Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{125.65} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax}: \text{ Deformação da fibra mais comprimida de betão.} \quad \epsilon_{cmax} : \underline{0.0032}$$

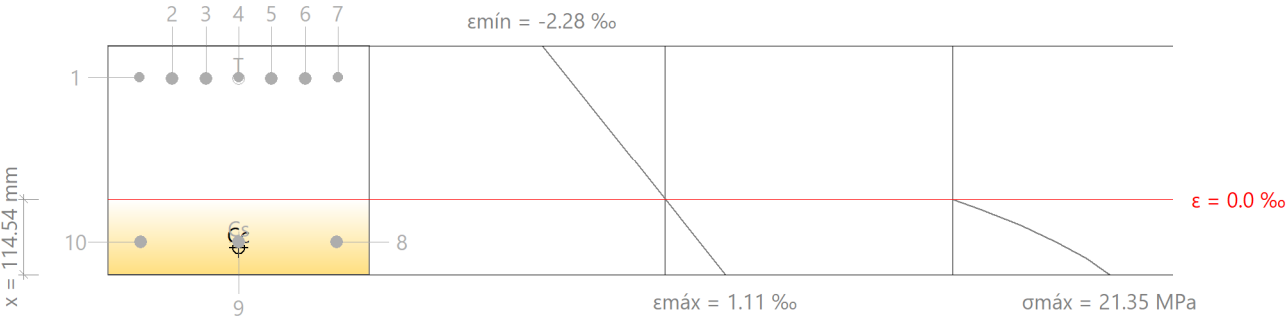
$$\epsilon_{smax}: \text{ Deformação do varão de aço mais traccionado.} \quad \epsilon_{smax} : \underline{0.0099}$$

$$\sigma_{cmax}: \text{ Tensão da fibra mais comprimida de betão.} \quad \sigma_{cmax} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{smax}: \text{ Tensão do varão de aço mais traccionado.} \quad \sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 191 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-362.45	-0.001812
2	Ø20	-102.00	125.00	-358.58	-0.001793
3	Ø20	-50.00	125.00	-358.58	-0.001793
4	Ø16	0.00	127.00	-362.45	-0.001812
5	Ø20	50.00	125.00	-358.58	-0.001793
6	Ø20	102.00	125.00	-358.58	-0.001793
7	Ø16	152.00	127.00	-362.45	-0.001812
8	Ø20	150.00	-125.00	+124.79	+0.000624
9	Ø20	0.00	-125.00	+124.79	+0.000624
10	Ø20	-150.00	-125.00	+124.79	+0.000624

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	551.62	0.00	-134.66
Cs	117.61	0.00	-125.00
T	669.23	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 192 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T \quad N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y} \quad M_{Ed,x} : \underline{-173.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x} \quad M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 551.62 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 117.61 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 669.23 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : -134.66 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : -125.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : 125.65 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0011

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0018

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 21.35 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 362.45 MPa

Estado limite de resistência por torção. Compressão oblíqua. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.000 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 193 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.243} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{29.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas.

$$T_{Rd,max} : \underline{119.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

$$v : \underline{0.60}$$

α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.00}$$

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

$$f_{cd} : \underline{27} \text{ MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} : \underline{99.14} \text{ mm}$$

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$

A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas.

$$A : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

u: É o perímetro do contorno exterior da secção.

$$u : \underline{1500.00} \text{ mm}$$

c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal.

$$c : \underline{49.57} \text{ mm}$$

Estado limite de resistência por torção. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 194 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_s = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,s}} \leq 1$$

$$\eta_s : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed} : Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{9.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$T_{Rd,s}$: Máximo torsor que podem resistir as armaduras transversais.

$$T_{Rd,s} : \underline{64.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço torsor que podem resistir as armaduras transversais é dado por:

$$T_{Rd,s} = \frac{2 \cdot A_k \cdot A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Em que:

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

A_{sw} : Área da armadura transversal colocada em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw} : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

s : Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{80} \text{ mm}$$

f_{ywd} : Resistência de cálculo do aço da armadura A_{sw} .

$$f_{ywd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 11.5.3.8)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções Envolvente de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas.

Nos banzos comprimidos (A'_s), a armadura longitudinal poderá ser reduzida proporcionalmente à força de compressão instalada ($A'_{s,NM}$).

$$A'_s \geq \left| \frac{\sum A_{sl}}{2} - A'_{s,MN} \right|$$

$$942 \text{ mm}^2 \geq 33 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Nos banzos traccionados (A_{sl}), a armadura longitudinal de torção deverá adicionar-se às outras armaduras ($A_{s,NM}$).

$$A_{sl} \geq \frac{\sum A_{sl}}{2} + A_{s,MN}$$

$$1860 \text{ mm}^2 \geq 1435 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 195 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

em que

ΣA_{sl} : A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção. ΣA_{sl} : 66 mm²

A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção ΣA_{sl} poderá ser calculada a partir da expressão:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd}} \cdot \text{ctg} \theta$$

em que

T_{Ed} : Valor de cálculo do momento torsor. T_{Ed} : 6.76 kN·m

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas. A_k : 75472 mm²

f_{yd} : Valor de cálculo da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado. f_{yd} : 500 MPa

u_k : Perímetro da área A_k . u_k : 1103 mm

θ : Ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga. θ : 45 °

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.000 m', para a combinação "PP+RP+H1-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

η_1 : 0.524 ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 196 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo. **T_{Ed}** : 13.55 kN·m
T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas. **T_{Rd,max}** : 119.72 kN·m
V_{Ed}: Esforço transversal efectivo de cálculo. **V_{Ed}** : 355.92 kN·m
V_{Rd,max}: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma. **V_{Rd,max}** : 865.87 kN·m

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal. **v** : 0.60
α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido. **α_{cw}** : 1.00
f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão. **f_{cd}** : 27 MPa
θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça. **θ** : 45.0 graus
A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)). **A_k** : 754.72 cm²
t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$
A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas. **A** : 1400.00 cm²
u: É o perímetro do contorno exterior da secção. **u** : 1500.00 mm
c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal. **c** : 300.65 mm

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 197 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.308 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$A_{sw} \geq 2 \cdot A_{sw,T} + A_{sw,V} \quad 29.45 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 25.30 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \checkmark$$

Em que:

A_{sw}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal.

$$A_{sw} : \quad 29.45 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,V}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por esforço transversal.

$$A_{sw,V} : \quad 23.13 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,T}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por torção em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw,T} : \quad 1.09 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{T0,nec} = \frac{T_{Ed}}{f_{ywd} \cdot 2 \cdot A_k} \cdot \tan \theta$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \quad 7.13 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \quad 754.72 \quad \text{cm}^2$$

f_{ywd}: Resistência de cálculo da armadura A_{sw}.

$$f_{ywd} : \quad 434.78 \quad \text{MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \quad 45.0 \quad \text{graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura longitudinal. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(4))

Os varões longitudinais deverão ser dispostos com um espaçamento máximo de 350 mm.

$$s_b \leq 350 \text{ mm} \quad 234 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 198 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura transversal.
(NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(3))

O espaçamento longitudinal das cintas de torção não deverá exceder:

$$80 \text{ mm} \leq 188 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s \leq s_{\max}$$

Em que:

$s_{\max}$: Valor mínimo de s_1 , s_2 , s_3 .

$s_{\max}$: 188 mm

$$s_1 = \frac{u}{8}$$

s_1 : 188 mm

$$s_2 = a$$

s_2 : 350 mm

$$s_3 = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \text{ctg}\alpha)$$

s_3 : 451 mm

Sendo:

u : É o perímetro do contorno exterior da secção.

u : 1500 mm

a : A menor dimensão da secção transversal da viga.

a : 350 mm

d : Altura útil da secção.

d : 300 mm

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

Critérios de dimensionamento por sismo (NP EN 1998-1:2010)

Vigas (5.4.1.2.1(1)P , (5.4.1.2.1(2))

5.4.1.2.1(1)P A excentricidade do eixo da viga em relação ao eixo do pilar com o qual forma um nó deve ser limitada a fim de permitir uma transmissão eficaz dos momentos cíclicos de uma viga sísmica primária para o pilar.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 199 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5.4.1.2.1(2) De modo a satisfazer o requisito de (1)P, deverá limitar-se a distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos a menos de $b_c/4$, em que b_c é a maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga.

0 mm < 113 mm ✓

distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos : 0 mm

b_c : 450 mm

Vigas (5.4.1.2.1(3)P)

(3)P Para aproveitar o efeito favorável da compressão do pilar na aderência dos varões horizontais que atravessam o nó, a largura b_w de uma viga sísmica primária deve satisfazer a seguinte expressão:

$$b_w \leq \min\{b_c + h_w ; 2 \cdot b_c\} \quad (5.6)$$

em que h_w é a altura da viga e b_c é definido em (2) da presente secção.

b_w : 400 mm $\leq$ min (800, 900) = 800 mm ✓

h_w : 350 mm

b_c : 450 mm

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(5)P)

(5)P Ao longo de todo o comprimento de uma viga sísmica primária, a taxa de armadura da zona traccionada, ρ , não deve ser inferior ao seguinte valor mínimo $\rho_{\min}$:

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad (5.12)$$

ρ : 0.007850 $\geq$ $\rho_{\min}$: 0.003510 ✓

f_{ctm} : 3.51 MPa

f_{yk} : 500.00 MPa

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(3)P , 5.4.3.1.2(4))

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 200 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

(3)P Para satisfazer o requisito de ductilidade local nas zonas críticas de vigas sísmicas primárias, o valor do factor de ductilidade em curvatura μ_ϕ deve ser, pelo menos, igual ao valor indicado em 5.2.3.4(3).

(4) Considera-se satisfeito o requisito de (3)P da presente secção se as condições seguintes forem cumpridas nos dois banzos da viga:

a) na zona comprimida é colocada uma armadura de secção não inferior a metade da secção da armadura da zona traccionada, adicional a qualquer armadura de compressão necessária à verificação da viga em relação ao estado limite último na situação de projecto sísmica;

b) a taxa de armadura na zona traccionada ρ não excede um valor $\rho_{\max}$ igual a:

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_\phi \cdot \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (5.11)$$

sendo ρ e ρ' as taxas de armadura da zona traccionada e da zona comprimida, ambas normalizadas por $b \cdot d$, em que b é a largura do banzo comprimido da viga. Se a zona traccionada incluir uma laje, as armaduras da laje paralelas à viga, no interior da largura efectiva do banzo definida em 5.4.3.1.1(3), é incluída em ρ .

a)	$\rho': 0.00784 \geq 1/2 \cdot \rho = 0.00774$ ✓	$\rho: \underline{0.01547}$	$\rho': \underline{0.00784}$
b)	$\rho: 0.01547 \leq \rho_{\max} = 0.01675$ ✓	$f_{cd}: \underline{26.67} \text{ MPa}$	$f_{yd}: \underline{434.78} \text{ MPa}$
		$\mu_\phi: \underline{5.7}$	$\epsilon_{sy,d}: \underline{0.002174}$

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(6)P)

(6)P Nas zonas críticas de vigas sísmicas primárias devem ser colocadas armaduras de confinamento que satisfaçam as seguintes condições:

a) o diâmetro d_{bw} das armaduras de confinamento (em milímetros) não deve ser inferior a 6 mm;

b) o espaçamento, s , das armaduras de confinamento (em milímetros) não deve ser superior a:

$$s = \min\{h_w / 4 ; 24 \cdot d_{bw} ; 225 ; 8 \cdot d_{bL}\} \quad (5.13)$$

em que

d_{bL} diâmetro mínimo dos varões da armadura longitudinal (em milímetros);

h_w altura da viga (em milímetros);

c) a primeira armadura de confinamento deve ser colocada a não mais de 50 mm da secção de extremidade da viga.

$$s: 80 \text{ mm} \leq \min \{88; 240; 225; 128\} = 88 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_{bL} : \underline{16} \text{ mm}$$

$$h_w : \underline{350} \text{ mm}$$

$$d_{bw} : \underline{10} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 201 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Esforços de cálculo. Vigas (5.4.2.2) (EN 1998-1:2004)

(1)P Nas vigas sísmicas primárias, os valores de cálculo dos esforços transversos devem ser determinados de acordo com a regra de cálculo pela capacidade real, com base no equilíbrio da viga sob a acção de: a) a carga transversal que nela actua na situação de projecto sísmica e b) os momentos nas extremidades $M_{i,d}$ ($i=1,2$ designando as secções de extremidade da viga), associados à formação de rótulas plásticas para os sentidos positivos e negativos da acção sísmica. Deverá considerar-se que as rótulas plásticas se formam ou nas extremidades das vigas ou nos elementos verticais (se aqui se formarem primeiro) ligados aos nós em que concorrem as extremidades das vigas (ver a Figura 5.1).

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$318.77 \text{ kN} \geq 144.51 \text{ kN} \quad \checkmark$$

em que:

V_{Rd} : Valor de cálculo do esforço transverso resistente do elemento.

V_{Ed} : Valor de cálculo do esforço transverso actuante.

(2) O parágrafo (1)P da presente secção deverá ser aplicado como segue:

a) na secção de extremidade i , deverão calcular-se dois valores do esforço transversal actuante, isto é o máximo $V_{Ed,max,i}$ e o mínimo $V_{Ed,min,i}$ correspondentes aos momentos positivo máximo e negativo máximo $M_{i,d}$ que se podem desenvolver nas extremidades 1 e 2 da viga;

b) os momentos nas extremidades $V_{Ed,min,i}$ indicados em (1)P e (2)a) da presente secção poderão ser determinados da seguinte forma:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \quad (5.8)$$

em que:

γ_{Rd} coeficiente que tem em conta a possível sobrerresistência por endurecimento do aço, que, no caso das vigas de DCM, poderá ser considerado igual a 1,0;

$M_{Rb,i}$ valor de cálculo do momento resistente da viga na extremidade i no sentido do momento flector sísmico para o sentido considerado da acção sísmica;

$\sum M_{Rc}$ e $\sum M_{Rb}$ soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares e soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas que concorrem no nó, respectivamente (ver 4.4.2.3(4)). O valor de $\sum M_{Rc}$ deverá corresponder aos esforços normais do pilar na situação de projecto sísmica para o sentido considerado da acção sísmica;

$M_{1,d}^+$ (kN·m)	$M_{1,d}^-$ (kN·m)	$M_{2,d}^+$ (kN·m)	$M_{2,d}^-$ (kN·m)	$V_{Ed,max}$ (kN)	$V_{Ed,min}$ (kN)
113.89	215.05	113.89	215.05	144.51	144.51

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 202 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 203 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

P3 - P4 (0.425 m - 7.925 m, Positivos)

Disposições relativas às armaduras (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.3, 8.2 e 9.5)

Armadura longitudinal

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{min}$$

$$32 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s_{min} : Valor máximo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{min} : 25 mm

$$s_1 = \phi_{max}$$

s_1 : 20 mm

$$s_2 = 5 + d_g$$

s_2 : 25 mm

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

s_3 : 20 mm

Sendo:

ϕ_{max} : Maior diâmetro dos varões longitudinais.

ϕ_{max} : 20 mm

d_g : Dimensão máxima do agregado.

d_g : 20 mm

Armaduras transversais

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{min}$$

$$70 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s_{min} : Valor máximo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{min} : 25 mm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 204 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$S_1 = \phi_{\max}$$

$$s_1 : \underline{10} \text{ mm}$$

$$s_2 = 5 + d_g$$

$$s_2 : \underline{25} \text{ mm}$$

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

$$s_3 : \underline{20} \text{ mm}$$

Sendo:

$\phi_{\max}$: Maior diâmetro dos varões transversais.

$$\phi_{\max} : \underline{10} \text{ mm}$$

d_g : Dimensão máxima do agregado.

$$d_g : \underline{20} \text{ mm}$$

Armadura mínima e máxima (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2)

Flexão positiva em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,\min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,\min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 1.56 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,\min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,\min} : \underline{1.56} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t : Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \underline{400.00} \text{ mm}$$

d : Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.00} \text{ mm}$$

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,\min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$18.60 \text{ cm}^2 \geq 1.56 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 205 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$A_s \geq A_{s,min}$$

Em que:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{1.56} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t: Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \underline{400.00} \text{ mm}$$

d: Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.65} \text{ mm}$$

As áreas de armadura de tracção ou de compressão não deveriam ser maiores que $A_{s,max}$, excluindo as zonas de sobreposição (Artigo 9.2.1.1(3)):

$$A_s \leq A_{s,max}$$

$$28.02 \text{ cm}^2 \leq 56.00 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} : \underline{56.00} \text{ cm}^2$$

Sendo:

A_c: Área total da secção de betão.

$$A_c : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$18.60 \text{ cm}^2 \geq 2.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s: Área total da armadura de tracção.

$$A_s : \underline{18.60} \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{2.19} \text{ cm}^2$$

Sendo:

f_{yk}: Tensão de cedência da armadura passiva.

$$f_{yk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

f_{ctm}: Resistência média à tracção.

$$f_{ctm} : \underline{3.51} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 206 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck}: [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

b_t: Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

d: Altura útil da secção.

d : 300.65 mm

Flexão positiva em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 2.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s: Área total da armadura de tracção.

A_s : 9.42 cm²

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

A_{s,min} : 2.19 cm²

Sendo:

f_{yk}: Tensão de cedência da armadura passiva.

f_{yk} : 500.00 MPa

f_{ctm}: Resistência média à tracção.

f_{ctm} : 3.51 MPa

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck}: [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

b_t: Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

d: Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 207 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{22.82} \text{ kN}$$

$V_{Rd,max,Vy}$: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$V_{Rd,max,Vy} : \underline{875.52} \text{ kN}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.492} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{22.82} \text{ kN}$$

$V_{Rd,s,Vy}$: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$V_{Rd,s,Vy} : \underline{46.41} \text{ kN}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '2.425 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.+)"

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} : \underline{875.52} \text{ kN}$$

Em que:

α_{cw} : Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-1.87} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 208 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed}: Esforço axial de compressão de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

A'_s: Área total de armadura comprimida.

A'_s : 6.03 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

A_c : 1400.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura A'_s.

f_{yd} : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 273.60 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '2.425 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.+)"

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transverso na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 46.41 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 0.85 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 200 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.36 cm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 209 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

$$f_{ywd} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

f_{ywk} : Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transverso.

$$f_{ywk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$200 \text{ mm} \leq 228 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

s : Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{200} \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{228} \text{ mm}$$

Sendo:

d : Altura útil da secção.

$$d : \underline{304.00} \text{ mm}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$154 \text{ mm} \leq 228 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{228} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 210 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 304.00 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

0.0011 ≥ **0.0010** ✓

A taxa de armaduras de esforço transverso ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

ρ_w : 0.0011

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transverso.

A_{sw} : 0.85 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 200 mm

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$\rho_{w,min}$: 0.0010

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

f_{yk}: Resistência característica do aço.

f_{yk} : 500.00 MPa

Estado limite de resistência face ao esforço transverso (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 211 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

Em que:

V_{Ed,y}: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} : \underline{37.81} \text{ kN}$$

V_{Rd,max,Vy}: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$\mathbf{V_{Rd,max,Vy}} : \underline{875.52} \text{ kN}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.815} \quad \checkmark$$

Em que:

V_{Ed,y}: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} : \underline{37.81} \text{ kN}$$

V_{Rd,s,Vy}: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$\mathbf{V_{Rd,s,Vy}} : \underline{46.41} \text{ kN}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '2.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-0.3·SisX2-SisY2".

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$\mathbf{V_{Rd,max}} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$\mathbf{V_{Rd,max}} : \underline{875.52} \text{ kN}$$

Em que:

α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp}: Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-1.87} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 212 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed}: Esforço axial de compressão de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

A'_s: Área total de armadura comprimida.

A'_s : 6.03 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

A_c : 1400.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura A'_s.

f_{yd} : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 273.60 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '2.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-0.3·SisX2-SisY2".

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transverso na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 46.41 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 0.85 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 200 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.36 cm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 213 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

$$f_{ywd} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

f_{ywk} : Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transverso.

$$f_{ywk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$200 \text{ mm} \leq 228 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{200} \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{228} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

$$d : \underline{304.00} \text{ mm}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$154 \text{ mm} \leq 228 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{228} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 214 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 304.00 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$0.0011 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

A taxa de armaduras de esforço transverso ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : \underline{0.0011}$$

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transverso.

$$\mathbf{A_{sw}} : \underline{0.85} \text{ cm}^2$$

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$\mathbf{s} : \underline{200} \text{ mm}$$

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : \underline{0.0010}$$

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$\mathbf{f_{yk}} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '3.925 m', para a combinação "Envoltor de momentos máximos em combinações fundamentais".

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 215 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Deve satisfazer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

η : **0.443** ✓

Verificação de resistência da secção (η_1)

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: 51.24 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: 115.67 kN·m

$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

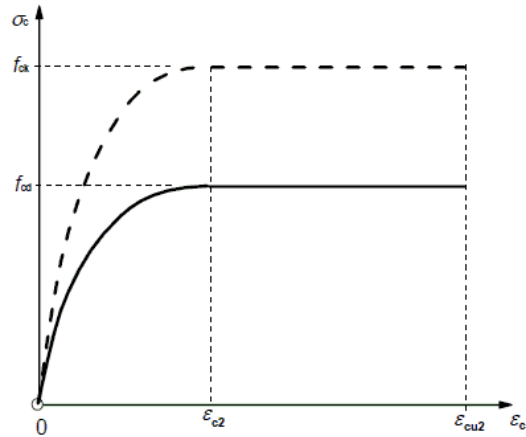
Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ε_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 216 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

α_{cc} : 1.00

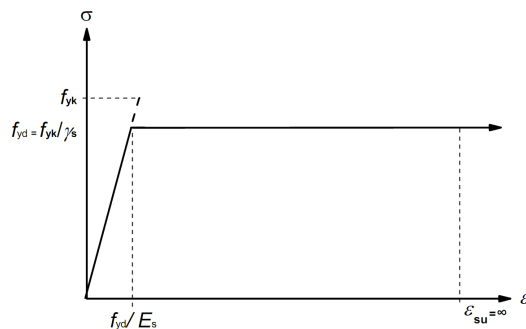
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 217 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

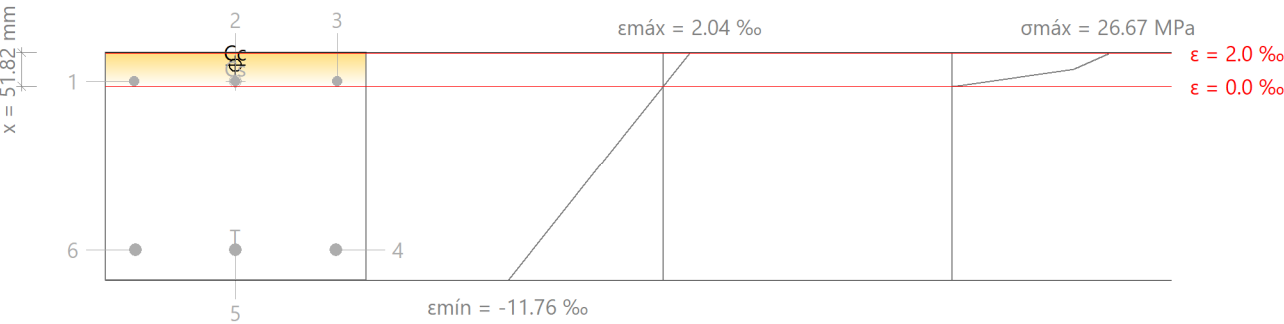
Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço. f_{yk} : 500.00 MPa

γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço. γ_s : 1.15

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-156.00	131.00	+61.73	+0.000309
2	Ø16	0.00	131.00	+61.73	+0.000309
3	Ø16	156.00	131.00	+61.73	+0.000309
4	Ø20	154.00	-129.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	0.00	-129.00	-434.78	-0.009950
6	Ø20	-154.00	-129.00	-434.78	-0.009950

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	372.54	0.00	155.49

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 218 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cs	37.23	0.00	131.00
T	409.77	0.00	-129.00

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T \quad N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad M_{Rd,x} : \underline{115.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 372.54 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 37.23 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 409.77 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : 155.49 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : 131.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : -129.00 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0020

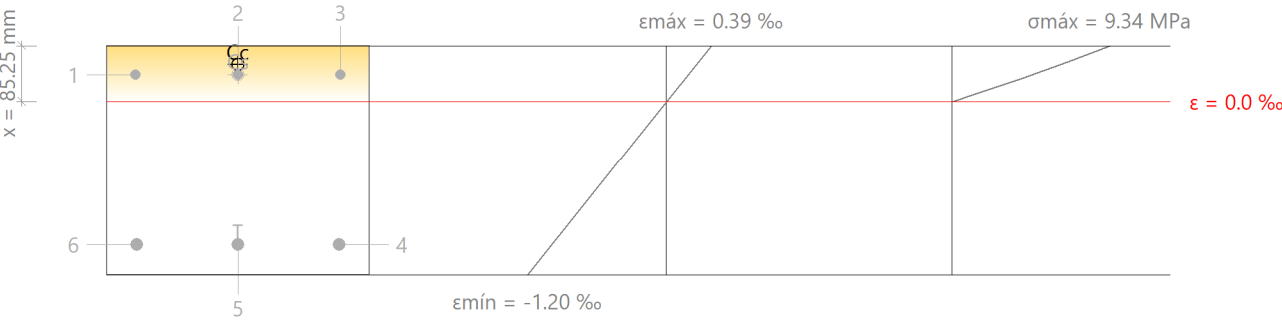
ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0100

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 26.67 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 219 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ _s (MPa)	ε
1	Ø16	-156.00	131.00	+37.52	+0.000188
2	Ø16	0.00	131.00	+37.52	+0.000188
3	Ø16	156.00	131.00	+37.52	+0.000188
4	Ø20	154.00	-129.00	-198.94	-0.000995
5	Ø20	0.00	-129.00	-198.94	-0.000995
6	Ø20	-154.00	-129.00	-198.94	-0.000995

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	164.87	0.00	146.09
Cs	22.63	0.00	131.00
T	187.49	0.00	-129.00

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T$$
N_{Ed} : 0.00 kN

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y}$$
M_{Ed,x} : 51.24 kN·m

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 220 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão.

$$C_c : \underline{164.87} \text{ kN}$$

C_s: Resultante de compressões no aço.

$$C_s : \underline{22.63} \text{ kN}$$

T: Resultante de tracções no aço.

$$T : \underline{187.49} \text{ kN}$$

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{146.09} \text{ mm}$$

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{131.00} \text{ mm}$$

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{-129.00} \text{ mm}$$

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0004}$$

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0010}$$

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

$$\sigma_{cmax} : \underline{9.34} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado.

$$\sigma_{smax} : \underline{198.94} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.425 m', para a combinação "Envoltor de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas".

Deve satisfazer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.488} \quad \checkmark$$

Verificação de resistência da secção (η₁)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 221 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -104.91 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: -215.05 kN·m

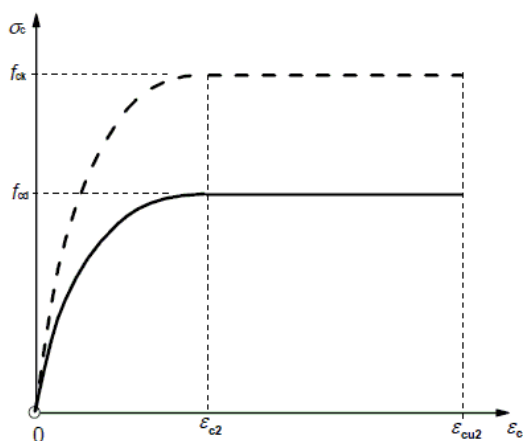
$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ϵ_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 222 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

α_{cc} : 1.00

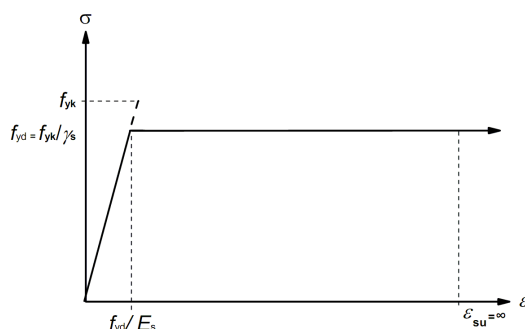
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço.

f_{yk} : 500.00 MPa

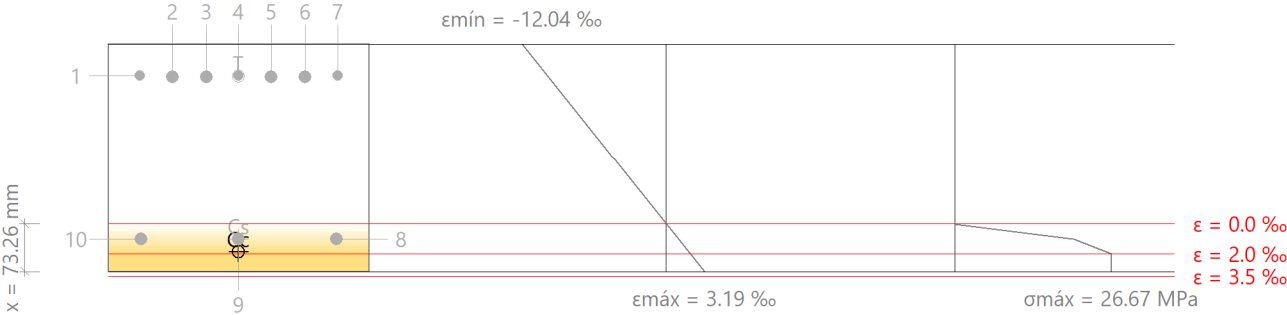
γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço.

γ_s : 1.15

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 223 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-434.78	-0.009950
2	Ø20	-102.00	125.00	-434.78	-0.009863
3	Ø20	-50.00	125.00	-434.78	-0.009863
4	Ø16	0.00	127.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	50.00	125.00	-434.78	-0.009863
6	Ø20	102.00	125.00	-434.78	-0.009863
7	Ø16	152.00	127.00	-434.78	-0.009950
8	Ø20	150.00	-125.00	+202.33	+0.001012
9	Ø20	0.00	-125.00	+202.33	+0.001012
10	Ø20	-150.00	-125.00	+202.33	+0.001012

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	617.93	0.00	-145.02
Cs	190.69	0.00	-125.00
T	808.62	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 224 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-215.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão.

$$C_c : \underline{617.93} \text{ kN}$$

C_s: Resultante de compressões no aço.

$$C_s : \underline{190.69} \text{ kN}$$

T: Resultante de tracções no aço.

$$T : \underline{808.62} \text{ kN}$$

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-145.02} \text{ mm}$$

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-125.00} \text{ mm}$$

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{125.65} \text{ mm}$$

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0032}$$

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0099}$$

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

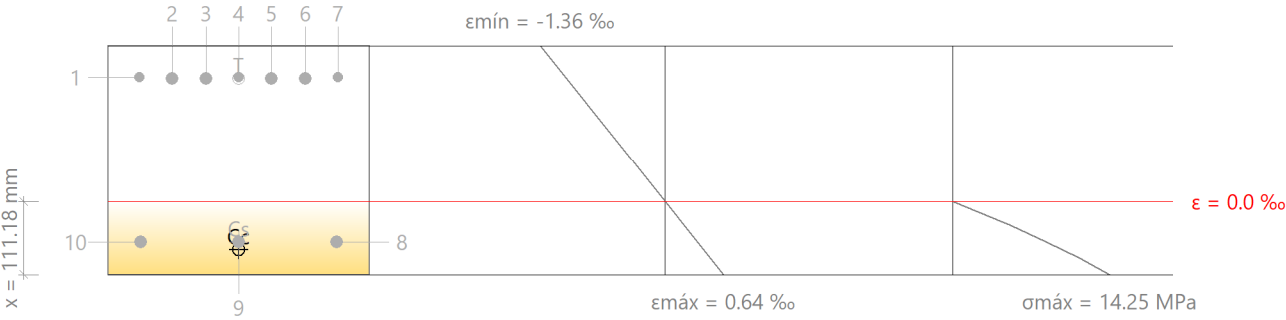
$$\sigma_{cmax} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado.

$$\sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 225 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-218.04	-0.001090
2	Ø20	-102.00	125.00	-215.76	-0.001079
3	Ø20	-50.00	125.00	-215.76	-0.001079
4	Ø16	0.00	127.00	-218.04	-0.001090
5	Ø20	50.00	125.00	-215.76	-0.001079
6	Ø20	102.00	125.00	-215.76	-0.001079
7	Ø16	152.00	127.00	-218.04	-0.001090
8	Ø20	150.00	-125.00	+69.91	+0.000350
9	Ø20	0.00	-125.00	+69.91	+0.000350
10	Ø20	-150.00	-125.00	+69.91	+0.000350

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	336.77	0.00	-136.84
Cs	65.89	0.00	-125.00
T	402.65	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 226 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T \quad N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y} \quad M_{Ed,x} : \underline{-104.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x} \quad M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 336.77 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 65.89 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 402.65 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : -136.84 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : -125.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : 125.65 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0006

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0011

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 14.25 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 218.04 MPa

Estado limite de resistência por torção. Compressão oblíqua. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 227 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.079} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{9.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas.

$$T_{Rd,max} : \underline{119.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

$$v : \underline{0.60}$$

α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.00}$$

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

$$f_{cd} : \underline{27} \text{ MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} : \underline{99.14} \text{ mm}$$

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$

A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas.

$$A : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

u: É o perímetro do contorno exterior da secção.

$$u : \underline{1500.00} \text{ mm}$$

c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal.

$$c : \underline{49.57} \text{ mm}$$

Estado limite de resistência por torção. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 228 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_s = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,s}} \leq 1$$

$$\eta_s : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed} : Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{9.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$T_{Rd,s}$: Máximo torsor que podem resistir as armaduras transversais.

$$T_{Rd,s} : \underline{64.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço torsor que podem resistir as armaduras transversais é dado por:

$$T_{Rd,s} = \frac{2 \cdot A_k \cdot A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Em que:

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

A_{sw} : Área da armadura transversal colocada em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw} : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

s : Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{80} \text{ mm}$$

f_{ywd} : Resistência de cálculo do aço da armadura A_{sw} .

$$f_{ywd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 11.5.3.8)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções Envolvente de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas.

Nos banzos comprimidos (A'_s), a armadura longitudinal poderá ser reduzida proporcionalmente à força de compressão instalada ($A'_{s,NM}$).

$$A'_s \geq \left| \frac{\sum A_{sl}}{2} - A'_{s,MN} \right|$$

$$942 \text{ mm}^2 \geq 33 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Nos banzos traccionados (A_{sl}), a armadura longitudinal de torção deverá adicionar-se às outras armaduras ($A_{s,NM}$).

$$A_{sl} \geq \frac{\sum A_{sl}}{2} + A_{s,MN}$$

$$1860 \text{ mm}^2 \geq 891 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 229 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

em que

ΣA_{sl} : A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção. ΣA_{sl} : 66 mm²

A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção ΣA_{sl} poderá ser calculada a partir da expressão:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd}} \cdot \text{ctg} \theta$$

em que

T_{Ed} : Valor de cálculo do momento torsor. T_{Ed} : 6.75 kN·m

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas. A_k : 75472 mm²

f_{yd} : Valor de cálculo da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado. f_{yd} : 500 MPa

u_k : Perímetro da área A_k . u_k : 1103 mm

θ : Ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga. θ : 45 °

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

η_1 : 0.296 ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 230 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo. **T_{Ed}** : 7.13 kN·m
T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas. **T_{Rd,max}** : 119.72 kN·m
V_{Ed}: Esforço transversal efectivo de cálculo. **V_{Ed}** : 204.86 kN·m
V_{Rd,max}: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma. **V_{Rd,max}** : 865.87 kN·m

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal. **v** : 0.60
α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido. **α_{cw}** : 1.00
f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão. **f_{cd}** : 27 MPa
θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça. **θ** : 45.0 graus
A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)). **A_k** : 754.72 cm²
t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$
A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas. **A** : 1400.00 cm²
u: É o perímetro do contorno exterior da secção. **u** : 1500.00 mm
c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal. **c** : 300.65 mm

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 231 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '0.425 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$A_{sw} \geq 2 \cdot A_{sw,T} + A_{sw,V} \quad 29.45 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 21.10 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \checkmark$$

Em que:

A_{sw}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal.

$$A_{sw} : \quad 29.45 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,V}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por esforço transversal.

$$A_{sw,V} : \quad 18.93 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,T}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por torção em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw,T} : \quad 1.09 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{T0,nec} = \frac{T_{Ed}}{f_{ywd} \cdot 2 \cdot A_k} \cdot \tan \theta$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \quad 7.13 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \quad 754.72 \quad \text{cm}^2$$

f_{ywd}: Resistência de cálculo da armadura A_{sw}.

$$f_{ywd} : \quad 434.78 \quad \text{MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \quad 45.0 \quad \text{graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura longitudinal. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(4))

Os varões longitudinais deverão ser dispostos com um espaçamento máximo de 350 mm.

$$s_b \leq 350 \text{ mm} \quad 234 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 232 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura transversal.
(NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(3))

O espaçamento longitudinal das cintas de torção não deverá exceder:

$$80 \text{ mm} \leq 188 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s \leq s_{\max}$$

Em que:

s_{max}: Valor mínimo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{max} : 188 mm

$$s_1 = \frac{u}{8}$$

s₁ : 188 mm

$$s_2 = a$$

s₂ : 350 mm

$$s_3 = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \text{ctg}\alpha)$$

s₃ : 451 mm

Sendo:

u: É o perímetro do contorno exterior da secção.

u : 1500 mm

a: A menor dimensão da secção transversal da viga.

a : 350 mm

d: Altura útil da secção.

d : 300 mm

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

Critérios de dimensionamento por sismo (NP EN 1998-1:2010)

Vigas (5.4.1.2.1(1)P , (5.4.1.2.1(2))

5.4.1.2.1(1)P A excentricidade do eixo da viga em relação ao eixo do pilar com o qual forma um nó deve ser limitada a fim de permitir uma transmissão eficaz dos momentos cíclicos de uma viga sísmica primária para o pilar.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 233 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5.4.1.2.1(2) De modo a satisfazer o requisito de (1)P, deverá limitar-se a distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos a menos de $b_c/4$, em que b_c é a maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga.

0 mm < 113 mm ✓

distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos : 0 mm

b_c : 450 mm

Vigas (5.4.1.2.1(3)P)

(3)P Para aproveitar o efeito favorável da compressão do pilar na aderência dos varões horizontais que atravessam o nó, a largura b_w de uma viga sísmica primária deve satisfazer a seguinte expressão:

$$b_w \leq \min\{b_c + h_w ; 2 \cdot b_c\} \quad (5.6)$$

em que h_w é a altura da viga e b_c é definido em (2) da presente secção.

b_w : 400 mm $\leq$ min (800, 900) = 800 mm ✓

h_w : 350 mm

b_c : 450 mm

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(5)P)

(5)P Ao longo de todo o comprimento de uma viga sísmica primária, a taxa de armadura da zona traccionada, ρ , não deve ser inferior ao seguinte valor mínimo $\rho_{\min}$:

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad (5.12)$$

ρ : 0.007850 $\geq$ $\rho_{\min}$: 0.003510 ✓

f_{ctm} : 3.51 MPa

f_{yk} : 500.00 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 234 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Esforços de cálculo. Vigas (5.4.2.2) (EN 1998-1:2004)

Nesta zona não são aplicáveis as verificações de dimensionamento por capacidade.



Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 235 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

P3 - P4 (7.425 m - P4, Negativos)

Disposições relativas às armaduras (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.3, 8.2 e 9.5)

Armadura longitudinal

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{min}$$

$$32 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s_{min} : Valor máximo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{min} : 25 mm

$$s_1 = \phi_{max}$$

s_1 : 20 mm

$$s_2 = 5 + d_g$$

s_2 : 25 mm

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

s_3 : 20 mm

Sendo:

ϕ_{max} : Maior diâmetro dos varões longitudinais.

ϕ_{max} : 20 mm

d_g : Dimensão máxima do agregado.

d_g : 20 mm

Armaduras transversais

A distância livre s_b (horizontal e vertical) entre varões paralelos ou entre camadas horizontais de varões paralelos não deverá ser inferior a s_{min} (Artigo 8.2(2)):

$$s_b \geq s_{min}$$

$$70 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s_{min} : Valor máximo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{min} : 25 mm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 236 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$S_1 = \phi_{\max}$$

$$s_1 : \underline{10} \text{ mm}$$

$$s_2 = 5 + d_g$$

$$s_2 : \underline{25} \text{ mm}$$

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

$$s_3 : \underline{20} \text{ mm}$$

Sendo:

$\phi_{\max}$: Maior diâmetro dos varões transversais.

$$\phi_{\max} : \underline{10} \text{ mm}$$

d_g : Dimensão máxima do agregado.

$$d_g : \underline{20} \text{ mm}$$

Armadura mínima e máxima (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2)

Flexão positiva em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 1.56 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{1.56} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t : Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \underline{400.00} \text{ mm}$$

d : Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.00} \text{ mm}$$

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$18.60 \text{ cm}^2 \geq 1.57 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 237 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$A_s \geq A_{s,min}$$

Em que:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{1.57} \text{ cm}^2$$

Sendo:

b_t: Largura média da zona de tensão.

$$b_t : \underline{400.00} \text{ mm}$$

d: Altura útil da secção.

$$d : \underline{302.00} \text{ mm}$$

As áreas de armadura de tracção ou de compressão não deveriam ser maiores que $A_{s,max}$, excluindo as zonas de sobreposição (Artigo 9.2.1.1(3)):

$$A_s \leq A_{s,max}$$

$$28.02 \text{ cm}^2 \leq 56.00 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} : \underline{56.00} \text{ cm}^2$$

Sendo:

A_c: Área total da secção de betão.

$$A_c : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

Flexão negativa em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$17.90 \text{ cm}^2 \geq 2.20 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s: Área total da armadura de tracção.

$$A_s : \underline{17.90} \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,min} : \underline{2.20} \text{ cm}^2$$

Sendo:

f_{yk}: Tensão de cedência da armadura passiva.

$$f_{yk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

f_{ctm}: Resistência média à tracção.

$$f_{ctm} : \underline{3.51} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 238 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck}: [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

b_t: Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

d: Altura útil da secção.

d : 302.00 mm

Flexão positiva em torno do eixo x:

A área da armadura longitudinal de tracção não deverá ser inferior a A_{s,min} (Artigo 9.2.1.1(1)):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.42 \text{ cm}^2 \geq 2.19 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Em que:

A_s: Área total da armadura de tracção.

A_s : 9.42 cm²

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d$$

A_{s,min} : 2.19 cm²

Sendo:

f_{yk}: Tensão de cedência da armadura passiva.

f_{yk} : 500.00 MPa

f_{ctm}: Resistência média à tracção.

f_{ctm} : 3.51 MPa

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

Sendo:

f_{ck}: [MPa] Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

b_t: Largura média da zona de tensão.

b_t : 400.00 mm

d: Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

Estado limite de resistência face ao esforço transversal (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 239 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.126} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{108.75} \text{ kN}$$

$V_{Rd,max,Vy}$: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$V_{Rd,max,Vy} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.341} \quad \checkmark$$

Em que:

$V_{Ed,y}$: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{108.75} \text{ kN}$$

$V_{Rd,s,Vy}$: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$V_{Rd,s,Vy} : \underline{318.77} \text{ kN}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.042 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(+Yexc.+)".

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

Em que:

α_{cw} : Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp} : Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-2.93} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 240 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed}: Esforço axial de compressão de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

A'_s: Área total de armadura comprimida.

A'_s : 9.42 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

A_c : 1400.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura A'_s.

f_{yd} : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 270.58 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.042 m', para a combinação "1.35·PP+1.35·RP+H1+1.5·Qa+0.9·V(+Yexc.+)".

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transversal na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 318.77 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 2.36 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.06 cm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 241 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

$$f_{ywd} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

f_{ywk} : Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transverso.

$$f_{ywk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$80 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

s : Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{80} \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d : Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.65} \text{ mm}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$150 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 242 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.65 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$0.0074 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

A taxa de armaduras de esforço transverso ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : \underline{0.0074}$$

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transverso.

$$\mathbf{A_{sw}} : \underline{2.36} \text{ cm}^2$$

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$\mathbf{s} : \underline{80} \text{ mm}$$

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : \underline{0.0010}$$

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$\mathbf{f_{yk}} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face ao esforço transverso (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 6.2.2, 6.2.3 e 9.2.2)

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 243 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.289} \quad \checkmark$$

Em que:

V_{Ed,y}: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} : \underline{250.33} \text{ kN}$$

V_{Rd,max,Vy}: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

$$\mathbf{V_{Rd,max,Vy}} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

$$\eta_2 = \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,s,Vy}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.785} \quad \checkmark$$

Em que:

V_{Ed,y}: Esforço transversal efectivo de cálculo.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} : \underline{250.33} \text{ kN}$$

V_{Rd,s,Vy}: Esforço transversal resistente por tracção na alma.

$$\mathbf{V_{Rd,s,Vy}} : \underline{318.77} \text{ kN}$$

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.042 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma.

O esforço transversal resistente por compressão oblíqua da alma deduz-se da seguinte expressão:

Esforço Transversal na direcção Y:

O valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas, obtém-se de acordo com (Artigo 6.2.3(3)):

$$\mathbf{V_{Rd,max}} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$\mathbf{V_{Rd,max}} : \underline{865.87} \text{ kN}$$

Em que:

α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0 \rightarrow \alpha_{cw} = 1$$

Sendo:

σ_{cp}: Tensão de compressão média, considerada positiva, no betão devida ao valor de cálculo do esforço normal.

$$\sigma_{cp} : \underline{-2.93} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 244 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed} - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

Em que:

N_{Ed}: Esforço axial de compressão de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

A'_s: Área total de armadura comprimida.

A'_s : 9.42 cm²

A_c: Área total da secção de betão.

A_c : 1400.00 cm²

f_{yd}: Resistência de cálculo da armadura A'_s.

f_{yd} : 434.78 MPa

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

b_w : 400.00 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

z : 270.58 mm

v₁: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

v₁ : 0.600

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.6$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

θ : 45.0 graus

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.042 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Esforço transversal resistente por tracção na alma.

Esforço Transversal na direcção Y:

Valor de cálculo do esforço transversal equilibrado pela armadura de esforço transversal na tensão de cedência, obtém-se de (Artigo 6.2.3(3)):

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

V_{Rd,s} : 318.77 kN

Em que:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transversal.

A_{sw} : 2.36 cm²

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

s : 80 mm

z: Braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado.

z : 27.06 cm

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 245 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

$$f_{ywd} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

f_{ywk} : Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transverso.

$$f_{ywk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Espaçamento das armaduras transversais

Esforço Transverso na direcção Y:

O espaçamento longitudinal máximo entre grupos de armaduras de esforço transverso não deverá ser superior a (Artigo 9.2.2(6)):

$$s \leq s_{l,max}$$

$$80 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{80} \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_{l,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Sendo:

d: Altura útil da secção.

$$d : \underline{300.00} \text{ mm}$$

α : Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

O espaçamento transversal $s_{t,trans}$ entre ramos de armaduras transversais deve cumprir a condição seguinte: Artigo 9.2.2(8)

$$s_{t,trans} \leq s_{t,max}$$

$$150 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm} \checkmark$$

Em que:

$$s_{t,max} = 0.75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_{t,max} : \underline{225} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 246 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

d: Altura útil da secção.

d : 300.00 mm

Quantidade mecânica mínima da armadura transversal.

Esforço Transverso na direcção Y:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$0.0074 \geq 0.0010 \quad \checkmark$$

A taxa de armaduras de esforço transverso ρ_w não deverá ser inferior a $\rho_{w,min}$ (Artigo 9.2.2(5)).

Em que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

$$\rho_w : \underline{0.0074}$$

Sendo:

A_{sw}: Área das armaduras de reforço ao esforço transverso.

$$\mathbf{A_{sw}} : \underline{2.36} \text{ cm}^2$$

s: Espaçamento entre armaduras transversais.

$$\mathbf{s} : \underline{80} \text{ mm}$$

b_w: Menor largura da secção entre os banzos traccionado e comprimido. Artigo 6.2.3(1), Figura 6.5

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} : \underline{0.0010}$$

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do betão.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{40.00} \text{ MPa}$$

f_{yk}: Resistência característica do aço.

$$\mathbf{f_{yk}} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações não sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.175 m', para a combinação "Envoltor de momentos mínimos em combinações fundamentais".

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 247 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Deve satisfazer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

η_1 : **0.403** ✓

Verificação de resistência da secção (η_1)

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -86.75 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: -215.05 kN·m

$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

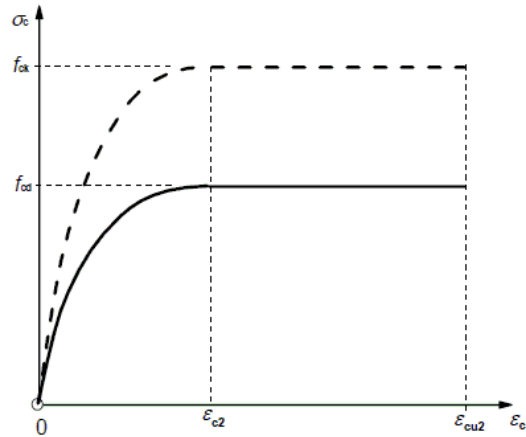
Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ϵ_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 248 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

α_{cc} : 1.00

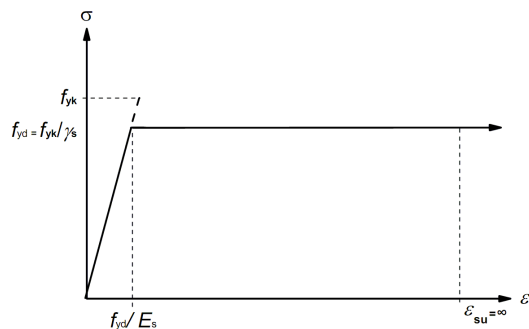
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 249 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

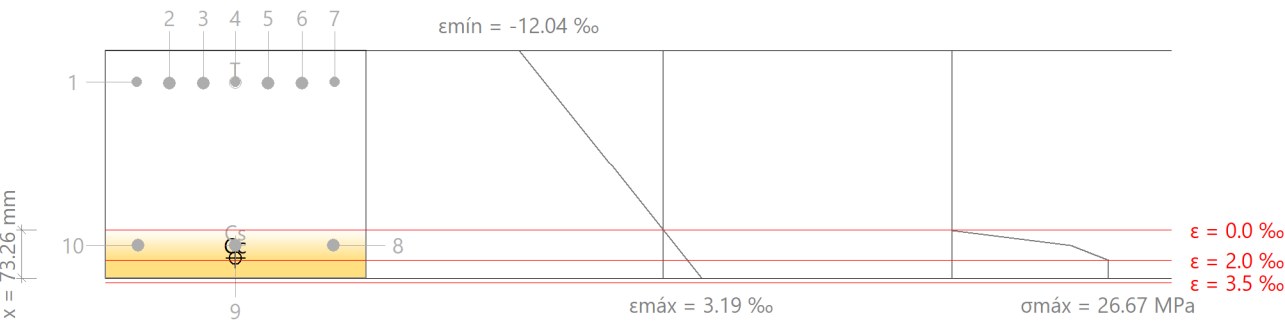
Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço. f_{yk} : 500.00 MPa

γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço. γ_s : 1.15

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-434.78	-0.009950
2	Ø20	-102.00	125.00	-434.78	-0.009863
3	Ø20	-50.00	125.00	-434.78	-0.009863
4	Ø16	0.00	127.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	50.00	125.00	-434.78	-0.009863
6	Ø20	102.00	125.00	-434.78	-0.009863
7	Ø16	152.00	127.00	-434.78	-0.009950
8	Ø20	150.00	-125.00	+202.33	+0.001012
9	Ø20	0.00	-125.00	+202.33	+0.001012
10	Ø20	-150.00	-125.00	+202.33	+0.001012

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 250 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	617.93	0.00	-145.02
Cs	190.69	0.00	-125.00
T	808.62	0.00	125.65

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T \quad N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad M_{Rd,x} : \underline{-215.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$$C_c: \text{ Resultante de compressões no betão.} \quad C_c : \underline{617.93} \text{ kN}$$

$$C_s: \text{ Resultante de compressões no aço.} \quad C_s : \underline{190.69} \text{ kN}$$

$$T: \text{ Resultante de tracções no aço.} \quad T : \underline{808.62} \text{ kN}$$

$$e_{cc}: \text{ Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-145.02} \text{ mm}$$

$$e_{cs}: \text{ Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-125.00} \text{ mm}$$

$$e_T: \text{ Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.} \quad e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{125.65} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cmax}: \text{ Deformação da fibra mais comprimida de betão.} \quad \epsilon_{cmax} : \underline{0.0032}$$

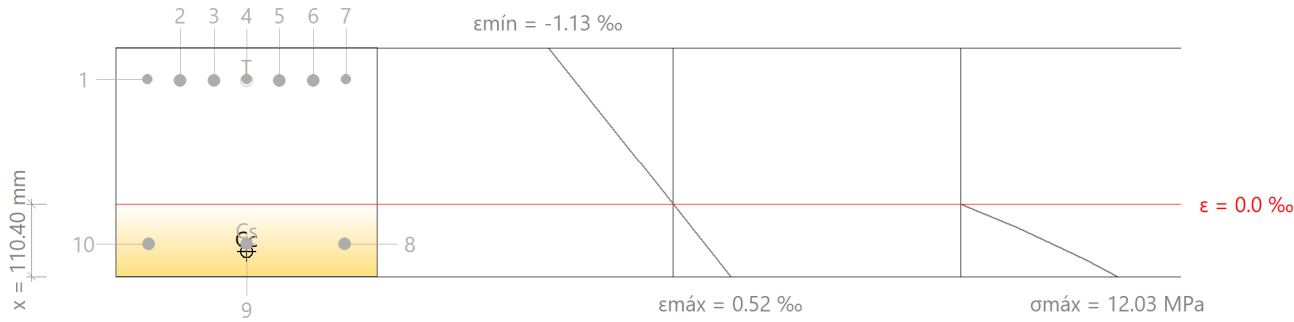
$$\epsilon_{smax}: \text{ Deformação do varão de aço mais traccionado.} \quad \epsilon_{smax} : \underline{0.0099}$$

$$\sigma_{cmax}: \text{ Tensão da fibra mais comprimida de betão.} \quad \sigma_{cmax} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{smax}: \text{ Tensão do varão de aço mais traccionado.} \quad \sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 251 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-179.98	-0.000900
2	Ø20	-102.00	125.00	-178.10	-0.000891
3	Ø20	-50.00	125.00	-178.10	-0.000891
4	Ø16	0.00	127.00	-179.98	-0.000900
5	Ø20	50.00	125.00	-178.10	-0.000891
6	Ø20	102.00	125.00	-178.10	-0.000891
7	Ø16	152.00	127.00	-179.98	-0.000900
8	Ø20	150.00	-125.00	+56.73	+0.000284
9	Ø20	0.00	-125.00	+56.73	+0.000284
10	Ø20	-150.00	-125.00	+56.73	+0.000284

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	278.90	0.00	-137.33
Cs	53.47	0.00	-125.00
T	332.37	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 252 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T \quad N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y} \quad M_{Ed,x} : \underline{-86.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x} \quad M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão. **C_c** : 278.90 kN

C_s: Resultante de compressões no aço. **C_s** : 53.47 kN

T: Resultante de tracções no aço. **T** : 332.37 kN

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y. **e_{cc,x}** : 0.00 mm

e_{cc,y} : -137.33 mm

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{cs,x}** : 0.00 mm

e_{cs,y} : -125.00 mm

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y. **e_{T,x}** : 0.00 mm

e_{T,y} : 125.65 mm

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão. **ε_{cmax}** : 0.0005

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado. **ε_{smax}** : 0.0009

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão. **σ_{cmax}** : 12.03 MPa

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado. **σ_{smax}** : 179.98 MPa

Estado limite de resistência face a solicitações normais (combinações sísmicas) (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Pontos 5.2, 5.8.3.1, 5.8.8 e 6.1)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.175 m', para a combinação "Envoltor de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 253 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

η : **0.805** ✓

Verificação de resistência da secção (η_1)

N_{Ed}, M_{Ed} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

N_{Ed} : Esforço normal de cálculo.

N_{Ed} : 0.00 kN

M_{Ed} : Momento de cálculo de primeira ordem.

$M_{Ed,x}$: -173.07 kN·m

$M_{Ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd}, M_{Rd} são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

N_{Rd} : Esforço normal resistente.

N_{Rd} : 0.00 kN

M_{Rd} : Momento resistente

$M_{Rd,x}$: -215.05 kN·m

$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

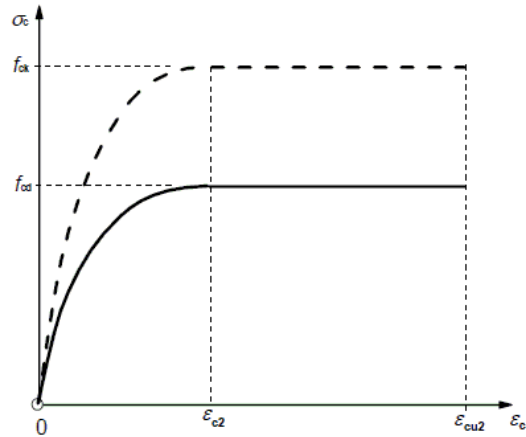
Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- (a) A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- (b) As deformações do betão seguem uma lei plana.
- (c) As deformações ϵ_s das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- (d) As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 254 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



ϵ_{cu2} : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{cu2} : 0.0035

ϵ_{c2} : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

ϵ_{c2} : 0.0020

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 26.67 MPa

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

α_{cc} : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

α_{cc} : 1.00

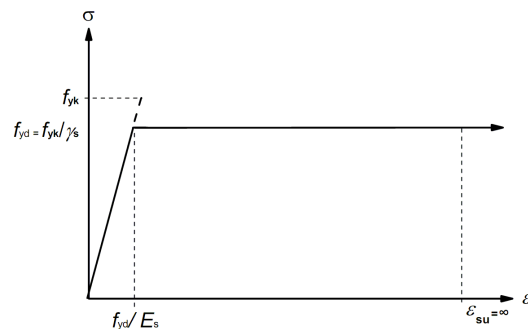
f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 40.00 MPa

γ_c : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

γ_c : 1.5

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



ϵ_{su} : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

ϵ_{su} : 0.0100

f_{yd} : Tensão de cedência da armadura.

f_{yd} : 434.78 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 255 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

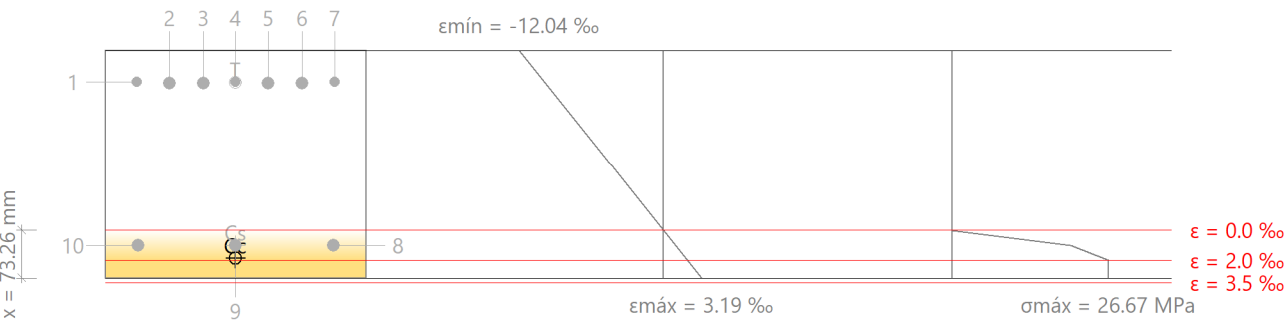
Sendo:

f_{yk} : Resistência característica do aço. f_{yk} : 500.00 MPa

γ_s : Coeficiente parcial de segurança para o aço. γ_s : 1.15

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-434.78	-0.009950
2	Ø20	-102.00	125.00	-434.78	-0.009863
3	Ø20	-50.00	125.00	-434.78	-0.009863
4	Ø16	0.00	127.00	-434.78	-0.009950
5	Ø20	50.00	125.00	-434.78	-0.009863
6	Ø20	102.00	125.00	-434.78	-0.009863
7	Ø16	152.00	127.00	-434.78	-0.009950
8	Ø20	150.00	-125.00	+202.33	+0.001012
9	Ø20	0.00	-125.00	+202.33	+0.001012
10	Ø20	-150.00	-125.00	+202.33	+0.001012

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. 	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 256 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	617.93	0.00	-145.02
Cs	190.69	0.00	-125.00
T	808.62	0.00	125.65

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-215.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c: Resultante de compressões no betão.

$$C_c : \underline{617.93} \text{ kN}$$

C_s: Resultante de compressões no aço.

$$C_s : \underline{190.69} \text{ kN}$$

T: Resultante de tracções no aço.

$$T : \underline{808.62} \text{ kN}$$

e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-145.02} \text{ mm}$$

e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-125.00} \text{ mm}$$

e_T: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{125.65} \text{ mm}$$

ε_{cmax}: Deformação da fibra mais comprimida de betão.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0032}$$

ε_{smax}: Deformação do varão de aço mais traccionado.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0099}$$

σ_{cmax}: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

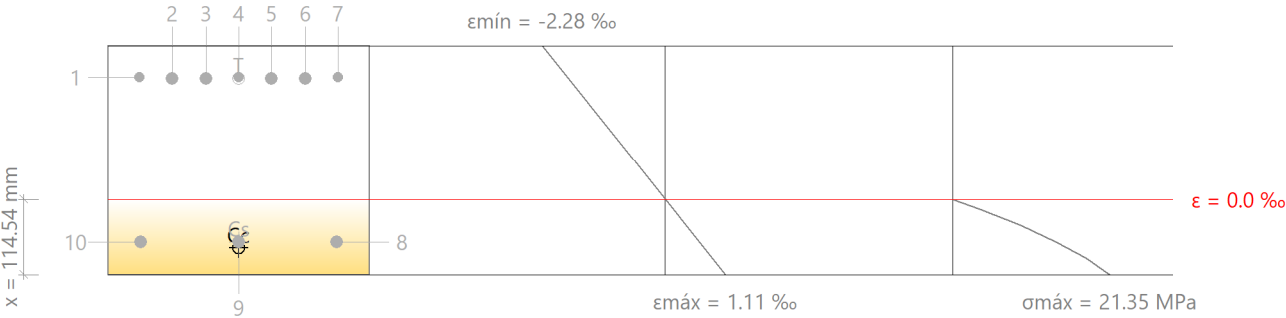
$$\sigma_{cmax} : \underline{26.67} \text{ MPa}$$

σ_{smax}: Tensão do varão de aço mais traccionado.

$$\sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 257 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-362.45	-0.001812
2	Ø20	-102.00	125.00	-358.58	-0.001793
3	Ø20	-50.00	125.00	-358.58	-0.001793
4	Ø16	0.00	127.00	-362.45	-0.001812
5	Ø20	50.00	125.00	-358.58	-0.001793
6	Ø20	102.00	125.00	-358.58	-0.001793
7	Ø16	152.00	127.00	-362.45	-0.001812
8	Ø20	150.00	-125.00	+124.79	+0.000624
9	Ø20	0.00	-125.00	+124.79	+0.000624
10	Ø20	-150.00	-125.00	+124.79	+0.000624

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	551.62	0.00	-134.66
Cs	117.61	0.00	-125.00
T	669.23	0.00	125.65

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 258 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T \quad N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y} \quad M_{Ed,x} : \underline{-173.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x} \quad M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

C_c : Resultante de compressões no betão.	C_c : <u>551.62</u> kN
C_s : Resultante de compressões no aço.	C_s : <u>117.61</u> kN
T : Resultante de tracções no aço.	T : <u>669.23</u> kN
e_{cc} : Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.	e_{cc,x} : <u>0.00</u> mm
	e_{cc,y} : <u>-134.66</u> mm
e_{cs} : Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.	e_{cs,x} : <u>0.00</u> mm
	e_{cs,y} : <u>-125.00</u> mm
e_T : Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.	e_{T,x} : <u>0.00</u> mm
	e_{T,y} : <u>125.65</u> mm
ε_{cmax} : Deformação da fibra mais comprimida de betão.	ε_{cmax} : <u>0.0011</u>
ε_{smax} : Deformação do varão de aço mais traccionado.	ε_{smax} : <u>0.0018</u>
σ_{cmax} : Tensão da fibra mais comprimida de betão.	σ_{cmax} : <u>21.35</u> MPa
σ_{smax} : Tensão do varão de aço mais traccionado.	σ_{smax} : <u>362.45</u> MPa

Estado limite de resistência por torção. Compressão oblíqua. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.175 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 259 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_1 = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.243} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{29.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas.

$$T_{Rd,max} : \underline{119.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal.

$$v : \underline{0.60}$$

α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.00}$$

f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão.

$$f_{cd} : \underline{27} \text{ MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} : \underline{99.14} \text{ mm}$$

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$

A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas.

$$A : \underline{1400.00} \text{ cm}^2$$

u: É o perímetro do contorno exterior da secção.

$$u : \underline{1500.00} \text{ mm}$$

c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal.

$$c : \underline{49.57} \text{ mm}$$

Estado limite de resistência por torção. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '7.925 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa-SisX2-0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 260 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\eta_s = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,s}} \leq 1$$

$$\eta_s : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

Em que:

T_{Ed} : Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{9.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$T_{Rd,s}$: Máximo torsor que podem resistir as armaduras transversais.

$$T_{Rd,s} : \underline{64.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço torsor que podem resistir as armaduras transversais é dado por:

$$T_{Rd,s} = \frac{2 \cdot A_k \cdot A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Em que:

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \underline{754.72} \text{ cm}^2$$

A_{sw} : Área da armadura transversal colocada em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw} : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

s : Espaçamento entre armaduras transversais.

$$s : \underline{80} \text{ mm}$$

f_{ywd} : Resistência de cálculo do aço da armadura A_{sw} .

$$f_{ywd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

θ : Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 11.5.3.8)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções Envolvente de momentos mínimos em combinações fundamentais sísmicas.

Nos banzos comprimidos (A'_s), a armadura longitudinal poderá ser reduzida proporcionalmente à força de compressão instalada ($A'_{s,NM}$).

$$A'_s \geq \left| \frac{\sum A_{sl}}{2} - A'_{s,MN} \right|$$

$$942 \text{ mm}^2 \geq 33 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Nos banzos traccionados (A_{sl}), a armadura longitudinal de torção deverá adicionar-se às outras armaduras ($A_{s,NM}$).

$$A_{sl} \geq \frac{\sum A_{sl}}{2} + A_{s,MN}$$

$$1860 \text{ mm}^2 \geq 1435 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 261 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

em que

ΣA_{sl} : A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção. ΣA_{sl} : 66 mm²

A área da secção transversal da armadura longitudinal de torção ΣA_{sl} poderá ser calculada a partir da expressão:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd}} \cdot \text{ctg} \theta$$

em que

T_{Ed} : Valor de cálculo do momento torsor. T_{Ed} : 6.76 kN·m

A_k : Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas. A_k : 75472 mm²

f_{yd} : Valor de cálculo da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado. f_{yd} : 500 MPa

u_k : Perímetro da área A_k . u_k : 1103 mm

θ : Ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga. θ : 45 °

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Compressão oblíqua (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(4))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.350 m', para a combinação "PP+RP+H1+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

η_1 : 0.524 ✓

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 262 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo. **T_{Ed}** : 13.55 kN·m
T_{Rd,max}: Máximo torsor que podem resistir as bielas comprimidas. **T_{Rd,max}** : 119.72 kN·m
V_{Ed}: Esforço transversal efectivo de cálculo. **V_{Ed}** : 355.91 kN·m
V_{Rd,max}: Esforço transversal resistente por compressão oblíqua na alma. **V_{Rd,max}** : 865.87 kN·m

Resistência máxima à torção (Artigo 6.3.2(4)):

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

Em que:

v: Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal. **v** : 0.60
α_{cw}: Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido. **α_{cw}** : 1.00
f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do betão. **f_{cd}** : 27 MPa
θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça. **θ** : 45.0 graus
A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)). **A_k** : 754.72 cm²
t_{ef,i}: Espessura eficaz da parede, (Artigo 6.3.2(1)):

$$t_{ef,i} = \frac{A}{u} \geq 2 \cdot c$$
A: É a área total da secção transversal definida pelo contorno exterior, incluindo as áreas interiores ocas. **A** : 1400.00 cm²
u: É o perímetro do contorno exterior da secção. **u** : 1500.00 mm
c: Distância entre a face exterior e o centro da armadura longitudinal. **c** : 300.65 mm

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo X. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Não há interacção entre torção e esforço transversal para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 263 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Interacção entre torção e esforço transversal no eixo Y. Tracção na alma. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 6.3.2(2))

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em '8.042 m', para a combinação "PP+RP+H1+0.3·Qa+SisX2+0.3·SisY2".

Deve satisfazer:

$$A_{sw} \geq 2 \cdot A_{sw,T} + A_{sw,V} \quad \mathbf{29.45 \text{ cm}^2/m \geq 25.30 \text{ cm}^2/m} \quad \checkmark$$

Em que:

A_{sw}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal.

$$A_{sw} : \quad 29.45 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,V}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por esforço transversal.

$$A_{sw,V} : \quad 23.13 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

A_{sw,T}: Área por unidade de comprimento da armadura transversal necessária por torção em forma de cintas fechadas.

$$A_{sw,T} : \quad 1.09 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{T0,nec} = \frac{T_{Ed}}{f_{ywd} \cdot 2 \cdot A_k} \cdot \text{tg}\theta$$

Em que:

T_{Ed}: Momento torsor de cálculo.

$$T_{Ed} : \quad 7.13 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

A_k: Área limitada pelas linhas médias das paredes, incluindo áreas interiores ocas (Artigo 6.3.2(1)).

$$A_k : \quad 754.72 \quad \text{cm}^2$$

f_{ywd}: Resistência de cálculo da armadura A_{sw}.

$$f_{ywd} : \quad 434.78 \quad \text{MPa}$$

θ: Ângulo entre a escora comprimida de betão e o eixo da peça.

$$\theta : \quad 45.0 \quad \text{graus}$$

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura longitudinal. (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(4))

Os varões longitudinais deverão ser dispostos com um espaçamento máximo de 350 mm.

$$s_b \leq 350 \text{ mm} \quad \mathbf{234 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 264 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Estado limite de resistência por torção. Espaçamento entre os varões da armadura transversal.
(NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 9.2.3(3))

O espaçamento longitudinal das cintas de torção não deverá exceder:

$$80 \text{ mm} \leq 188 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s \leq s_{\max}$$

Em que:

s_{max}: Valor mínimo de s_1 , s_2 , s_3 .

s_{max} : 188 mm

$$s_1 = \frac{u}{8}$$

s₁ : 188 mm

$$s_2 = a$$

s₂ : 350 mm

$$s_3 = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \text{ctg}\alpha)$$

s₃ : 451 mm

Sendo:

u: É o perímetro do contorno exterior da secção.

u : 1500 mm

a: A menor dimensão da secção transversal da viga.

a : 350 mm

d: Altura útil da secção.

d : 300 mm

α: Ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga.

α : 90.0 graus

Critérios de dimensionamento por sismo (NP EN 1998-1:2010)

Vigas (5.4.1.2.1(1)P , (5.4.1.2.1(2))

5.4.1.2.1(1)P A excentricidade do eixo da viga em relação ao eixo do pilar com o qual forma um nó deve ser limitada a fim de permitir uma transmissão eficaz dos momentos cíclicos de uma viga sísmica primária para o pilar.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 265 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5.4.1.2.1(2) De modo a satisfazer o requisito de (1)P, deverá limitar-se a distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos a menos de $b_c/4$, em que b_c é a maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga.

0 mm < 113 mm ✓

distância entre os eixos dos centros de gravidade dos dois elementos : 0 mm

b_c : 450 mm

Vigas (5.4.1.2.1(3)P)

(3)P Para aproveitar o efeito favorável da compressão do pilar na aderência dos varões horizontais que atravessam o nó, a largura b_w de uma viga sísmica primária deve satisfazer a seguinte expressão:

$$b_w \leq \min\{b_c + h_w ; 2 \cdot b_c\} \quad (5.6)$$

em que h_w é a altura da viga e b_c é definido em (2) da presente secção.

b_w : 400 mm $\leq$ min (800, 900) = 800 mm ✓

h_w : 350 mm

b_c : 450 mm

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(5)P)

(5)P Ao longo de todo o comprimento de uma viga sísmica primária, a taxa de armadura da zona traccionada, ρ , não deve ser inferior ao seguinte valor mínimo $\rho_{\min}$:

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad (5.12)$$

ρ : 0.007850 $\geq$ $\rho_{\min}$: 0.003510 ✓

f_{ctm} : 3.51 MPa

f_{yk} : 500.00 MPa

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(3)P , 5.4.3.1.2(4))

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 266 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

(3)P Para satisfazer o requisito de ductilidade local nas zonas críticas de vigas sísmicas primárias, o valor do factor de ductilidade em curvatura μ_ϕ deve ser, pelo menos, igual ao valor indicado em 5.2.3.4(3).

(4) Considera-se satisfeito o requisito de (3)P da presente secção se as condições seguintes forem cumpridas nos dois banzos da viga:

a) na zona comprimida é colocada uma armadura de secção não inferior a metade da secção da armadura da zona traccionada, adicional a qualquer armadura de compressão necessária à verificação da viga em relação ao estado limite último na situação de projecto sísmica;

b) a taxa de armadura na zona traccionada ρ não excede um valor $\rho_{\max}$ igual a:

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_\phi \cdot \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (5.11)$$

sendo ρ e ρ' as taxas de armadura da zona traccionada e da zona comprimida, ambas normalizadas por $b \cdot d$, em que b é a largura do banzo comprimido da viga. Se a zona traccionada incluir uma laje, as armaduras da laje paralelas à viga, no interior da largura efectiva do banzo definida em 5.4.3.1.1(3), é incluída em ρ .

a)	$\rho': 0.00784 \geq 1/2 \cdot \rho = 0.00774$ ✓	$\rho: \underline{0.01547}$	$\rho': \underline{0.00784}$
b)	$\rho: 0.01547 \leq \rho_{\max} = 0.01675$ ✓	$f_{cd}: \underline{26.67} \text{ MPa}$	$f_{yd}: \underline{434.78} \text{ MPa}$
		$\mu_\phi: \underline{5.7}$	$\epsilon_{sy,d}: \underline{0.002174}$

Disposições construtivas para a ductilidade local (5.4.3.1.2(6)P)

(6)P Nas zonas críticas de vigas sísmicas primárias devem ser colocadas armaduras de confinamento que satisfaçam as seguintes condições:

a) o diâmetro d_{bw} das armaduras de confinamento (em milímetros) não deve ser inferior a 6 mm;

b) o espaçamento, s , das armaduras de confinamento (em milímetros) não deve ser superior a:

$$s = \min\{h_w / 4 ; 24 \cdot d_{bw} ; 225 ; 8 \cdot d_{bL}\} \quad (5.13)$$

em que

d_{bL} diâmetro mínimo dos varões da armadura longitudinal (em milímetros);

h_w altura da viga (em milímetros);

c) a primeira armadura de confinamento deve ser colocada a não mais de 50 mm da secção de extremidade da viga.

$$s: 80 \text{ mm} \leq \min \{88; 240; 225; 128\} = 88 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_{bL} : \underline{16} \text{ mm}$$

$$h_w : \underline{350} \text{ mm}$$

$$d_{bw} : \underline{10} \text{ mm}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 267 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Esforços de cálculo. Vigas (5.4.2.2) (EN 1998-1:2004)

(1)P Nas vigas sísmicas primárias, os valores de cálculo dos esforços transversos devem ser determinados de acordo com a regra de cálculo pela capacidade real, com base no equilíbrio da viga sob a acção de: a) a carga transversal que nela actua na situação de projecto sísmica e b) os momentos nas extremidades $M_{i,d}$ ($i=1,2$ designando as secções de extremidade da viga), associados à formação de rótulas plásticas para os sentidos positivos e negativos da acção sísmica. Deverá considerar-se que as rótulas plásticas se formam ou nas extremidades das vigas ou nos elementos verticais (se aqui se formarem primeiro) ligados aos nós em que concorrem as extremidades das vigas (ver a Figura 5.1).

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$318.77 \text{ kN} \geq 144.51 \text{ kN} \checkmark$$

em que:

V_{Rd} : Valor de cálculo do esforço transverso resistente do elemento.

V_{Ed} : Valor de cálculo do esforço transverso actuante.

(2) O parágrafo (1)P da presente secção deverá ser aplicado como segue:

a) na secção de extremidade i , deverão calcular-se dois valores do esforço transversal actuante, isto é o máximo $V_{Ed,max,i}$ e o mínimo $V_{Ed,min,i}$ correspondentes aos momentos positivo máximo e negativo máximo $M_{i,d}$ que se podem desenvolver nas extremidades 1 e 2 da viga;

b) os momentos nas extremidades $V_{Ed,min,i}$ indicados em (1)P e (2)a) da presente secção poderão ser determinados da seguinte forma:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \quad (5.8)$$

em que:

γ_{Rd} coeficiente que tem em conta a possível sobrerresistência por endurecimento do aço, que, no caso das vigas de DCM, poderá ser considerado igual a 1,0;

$M_{Rb,i}$ valor de cálculo do momento resistente da viga na extremidade i no sentido do momento flector sísmico para o sentido considerado da acção sísmica;

$\sum M_{Rc}$ e $\sum M_{Rb}$ soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares e soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas que concorrem no nó, respectivamente (ver 4.4.2.3(4)). O valor de $\sum M_{Rc}$ deverá corresponder aos esforços normais do pilar na situação de projecto sísmica para o sentido considerado da acção sísmica;

$M_{1,d}^+$ (kN·m)	$M_{1,d}^-$ (kN·m)	$M_{2,d}^+$ (kN·m)	$M_{2,d}^-$ (kN·m)	$V_{Ed,max}$ (kN)	$V_{Ed,min}$ (kN)
113.89	215.05	113.89	215.05	144.51	144.51

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 268 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 269 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

4. VERIFICAÇÃO DA FENDILHAÇÃO

P3 - P4

Cálculo da largura de fenda: Face superior (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.4)

Deve satisfazer:

$$w_k \leq w_{\max}$$

$$0.075 \text{ mm} \leq 0.100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

A máxima abertura de fenda produz-se no nó P3, para a combinação de acções PP+RP+H1+0.3·Qa. O ponto desfavorável da secção transversal encontra-se nas coordenadas X = -152.00 mm, Y = 127.00 mm.

Em que:

W_{max}: Abertura máxima de fenda definida na tabela 7.1N.

W_{max} : 0.100 mm

Classe de exposição: XA1

W_k: Abertura de fenda.

W_k : 0.075 mm

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

Sendo:

S_{r,max}: Separação máxima entre fendas.

S_{r,max} : 220.35 mm

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,\text{eff}}}$$

Em que:

c: Recobrimento das armaduras traccionadas.

c : 40.00 mm

k₁: Coeficiente que tem em conta a capacidade de aderência da armadura.

k₁ : 0.800

$$k_1 = 0.8$$

k₂: Coeficiente que tem em conta a distribuição de tensões de tracção na secção transversal.

k₂ : 0.498

$$k_2 = \frac{\sigma_{ctm}}{f_{ctm,fl}}$$

Em que:

σ_{ctm}: Tensão média de tracção da área de betão traccionado na secção não fendilhada (estado I).

σ_{ctm} : 2.18 MPa

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 270 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$\sigma_{ctm} = \frac{F_{ct}}{A_{ct}}$$

Em que:

F_{ct}: Resultante de tensões da zona traccionada do betão no instante prévio à fendilhação do betão (estado I).

F_{ct} : 148.76 kN

A_{ct}: Área de betão traccionado no instante prévio à fendilhação do betão (estado I).

A_{ct} : 68174.40 mm²

f_{ctm,fl}: Resistência média à flexotraccção do betão.

f_{ctm,fl} : 4.39 MPa

k₃: Coeficiente.

k₃ : 3.400

k₄: Coeficiente.

k₄ : 0.425

Ø: Diâmetro do varão traccionado ou diâmetro equivalente no caso de uma secção com vários diâmetros.

Ø : 18.50 mm

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}$$

Em que:

Ø_i: Diâmetro do varão traccionado com índice 'i'.

ρ_{p,eff}: Relação entre a área da armadura traccionada e a área eficaz de betão submetido à traccção.

ρ_{p,eff} : 0.04

$$\rho_{p,eff} = \frac{\sum A_s}{\sum A_{c,eff}}$$

Em que:

ΣA_{c,eff}: Área eficaz de betão traccionado no instante prévio à fendilhação do betão (estado I).

ΣA_{c,eff} : 50130.00 mm²

ΣA_s: Área da armadura traccionada.

ΣA_s : 1859.82 mm²

O cálculo de (ε_{sm} - ε_{cm}) correspondente ao varão crítico é a seguinte:

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

(ε_{sm} - ε_{cm}) : 0.000341

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 271 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Em que:

ϵ_{sm} : Alargamento unitário médio na armadura sob a combinação relevante de cargas, incluído o efeito de deformações impostas e tendo em conta os efeitos da rigidificação pela colaboração do betão entre fendas.

ϵ_{cm} : Deformação média do betão entre fendas.

E_s : Módulo de deformação longitudinal do aço.

E_s : 200000.00 MPa

k_t : Factor que depende da duração da carga.

k_t : 0.40

σ_s : Tensão na armadura traccionada, supondo a secção fendilhada.

σ_s : 113.56 MPa

$f_{ctm,fl}$: Resistência média à flexotraccção do betão.

$f_{ctm,fl}$: 4.39 MPa

$\rho_{p,eff}$: Relação entre a área da armadura traccionada e a área eficaz de betão submetido à traccção.

$\rho_{p,eff}$: 0.02

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

Em que:

$A_{c,eff}$: Área eficaz de betão traccionado no instante prévio à fendilhação do betão (estado I).

$A_{c,eff}$: 8100.00 mm²

A_s : Área da armadura traccionada.

A_s : 201.06 mm²

α_e : Relação entre o módulo de elasticidade da armadura passiva e o módulo de elasticidade secante do betão.

α_e : 5.68

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

Em que:

E_{cm} : Módulo de elasticidade secante do betão.

E_{cm} : 35220.00 MPa

Equilíbrio da secção no instante prévio à fendilhação do betão:

N_{td}, M_{td} Esforços que originam que a fibra mais traccionada do betão alcance a resistência à traccção com o mesmo esforço axial actuante.

N_{td} : Esforço axial (valores positivos indicam compressão).

N_{td} : 0.00 kN

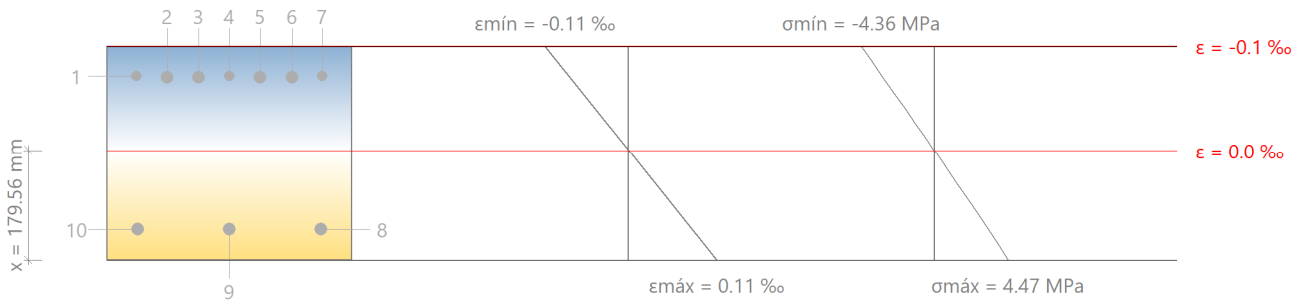
$M_{td,x}$: Momento flector em torno do eixo 'X'.

$M_{td,x}$: 0.00 kN·m

$M_{td,y}$: Momento flector em torno do eixo 'Y'.

$M_{td,y}$: -41.76 kN·m

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 272 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s^I (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-15.68	-0.000078
2	Ø20	-102.00	125.00	-15.42	-0.000077
3	Ø20	-50.00	125.00	-15.42	-0.000077
4	Ø16	0.00	127.00	-15.68	-0.000078
5	Ø20	50.00	125.00	-15.42	-0.000077
6	Ø20	102.00	125.00	-15.42	-0.000077
7	Ø16	152.00	127.00	-15.68	-0.000078

Equilíbrio da secção no momento em que se fendilha o betão:

N_{td}, M_{td} Esforços que originam que a fibra mais traccionada do betão alcance a resistência à tracção com o mesmo esforço axial actuante.

N_{td} : Esforço axial (valores positivos indicam compressão).

N_{td} : 0.00 kN

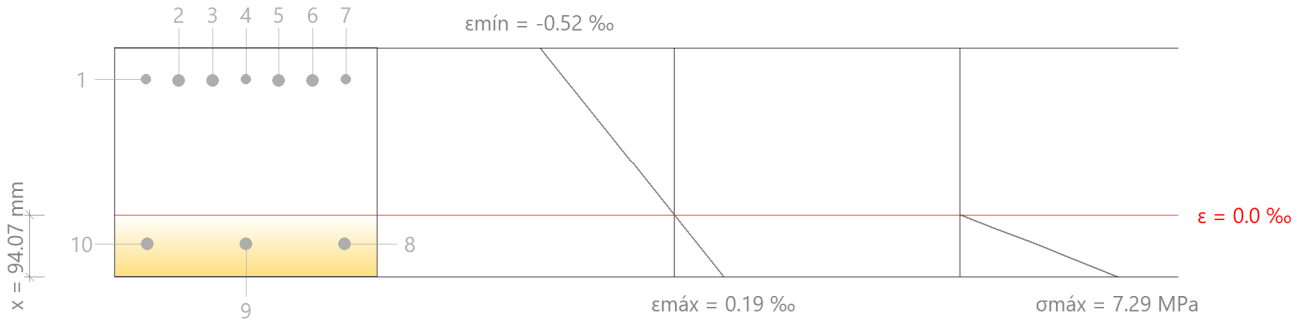
$M_{td,x}$: Momento flector em torno do eixo 'X'.

$M_{td,x}$: 0.00 kN·m

$M_{td,y}$: Momento flector em torno do eixo 'Y'.

$M_{td,y}$: -41.76 kN·m

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 273 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_{sr} (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-84.63	-0.000423
2	Ø20	-102.00	125.00	-83.82	-0.000419
3	Ø20	-50.00	125.00	-83.82	-0.000419
4	Ø16	0.00	127.00	-84.63	-0.000423
5	Ø20	50.00	125.00	-83.82	-0.000419
6	Ø20	102.00	125.00	-83.82	-0.000419
7	Ø16	152.00	127.00	-84.63	-0.000423

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes sem considerar a resistência à tracção do betão:

N_{ed}, M_{ed} Esforços actuantes.

N_{ed} : Esforço axial actuante (valores positivos indicam compressão).

N_{ed} : 0.00 kN

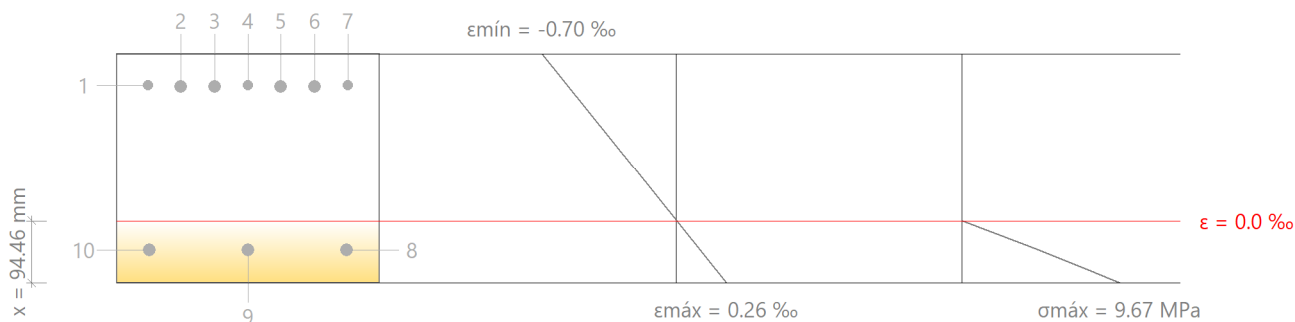
$M_{ed,x}$: Momento flector actuante em torno do eixo 'X'.

$M_{ed,x}$: 0.00 kN·m

$M_{ed,y}$: Momento flector actuante em torno do eixo 'Y'.

$M_{ed,y}$: -55.98 kN·m

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 274 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ_s (MPa)	ϵ
1	Ø16	-152.00	127.00	-113.56	-0.000568
2	Ø20	-102.00	125.00	-112.46	-0.000562
3	Ø20	-50.00	125.00	-112.46	-0.000562
4	Ø16	0.00	127.00	-113.56	-0.000568
5	Ø20	50.00	125.00	-112.46	-0.000562
6	Ø20	102.00	125.00	-112.46	-0.000562
7	Ø16	152.00	127.00	-113.56	-0.000568

Cálculo da largura de fenda: Face lateral direita (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.4)

A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura traccionada.

Cálculo da largura de fenda: Face inferior (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.4)

A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura traccionada.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 275 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Cálculo da largura de fenda: Face lateral esquerda (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.4)

A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura traccionada.

Área mínima de armadura (Critério de CYPE, baseado em: NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.2)

Para garantir que a armadura colocada é maior ou igual que a mínima necessária para garantir a transmissão das tracções do betão às armaduras no momento de se produzir a fendilhação, deve-se satisfazer:

$$\sigma_{sr} < f_{yk}$$

$$84.63 \text{ MPa} < 500.00 \text{ MPa} \quad \checkmark$$

Em que:

σ_{sr} : Tensão das armaduras na secção fendilhada no instante em que se fendilha o betão.

$$\sigma_{sr} : \underline{84.63} \text{ MPa}$$

f_{yk} : Valor característico da tensão de cedência da armadura passiva.

$$f_{yk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

N_{td} : Esforço axial (valores positivos indicam compressão).

$$N_{td} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{td,x}$: Momento flector em torno do eixo 'X'.

$$M_{td,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{td,y}$: Momento flector em torno do eixo 'Y'.

$$M_{td,y} : \underline{-41.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fendilhação devida a tensões tangenciais de esforço transversal (NP EN 1992-1-1:2010/NA, Artigo 7.3.3 (5))

Ao serem cumpridas as indicações do ponto 7.3.3 (5) considera-se que a fendilhação devida a acções tangenciais por esforço transversal é convenientemente controlada.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 276 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

5. VERIFICAÇÕES DE FLECHA

A prazo infinito (Quase permanente)	Activa (Quase permanente)	Estado
$f_{T,max} \leq f_{T,lim}$ $f_{T,lim} = L/250$	$f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim} = L/500$	
$f_{T,max}$: 9.39 mm $f_{T,lim}$: 33.40 mm	$f_{A,max}$: 4.66 mm $f_{A,lim}$: 16.70 mm	VERIFICA

Flecha total a prazo infinito para a combinação "Quase permanente" de acções

A flecha máxima produz-se na secção "4.17 m" para a combinação de acções: Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1

$$f_{T,max} \leq f_{T,lim}$$

$$9.39 \text{ mm} \leq 33.40 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$f_{T,lim}$: limite estabelecido para a flecha total a prazo infinito

$f_{T,lim}$: 33.40 mm

$$f_{T,lim} = L/250$$

L: comprimento de referência

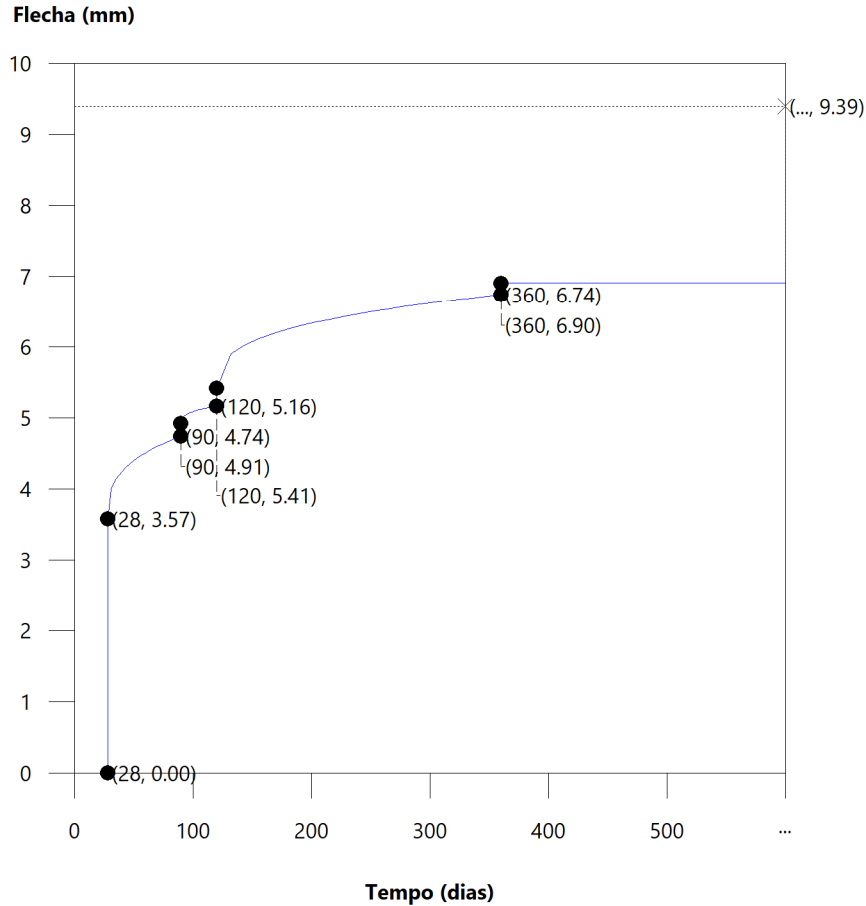
L : 8.35 m

$f_{T,max}$: valor máximo da flecha total

$f_{T,max}$: 9.39 mm

Flecha total a prazo infinito

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 277 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Escalão de carga	t_i (dias)	t_f (dias)	$f_0(t_i)$ (mm)	$\Delta f_i(t_i)$ (mm)	$f(t_i)$ (mm)	$f_{dif}(t_0, t_f)$ (mm)	$f_{tot}(t_f)$ (mm)	$f_{tot, max}(t_f)$ (mm)
1-2	28	90	0.00	3.57	3.57	1.17	4.74	4.74
2-3	90	120	4.74	0.18	4.91	0.25	5.16	5.16
3-4	120	360	5.16	0.25	5.41	1.33	6.74	6.74
4-∞	360	∞	6.74	0.16	6.90	2.49	9.39	9.39

Em que:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

t_f : instante final de cada intervalo de carga considerado

$f_0(t_i)$: flecha no instante inicial do intervalo, antes de aplicar a carga de t_i

$\Delta f_i(t_i)$: incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i

$f(t_i)$: flecha no instante inicial do intervalo, depois de aplicar a carga de t_i

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 278 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$f_{dif}(t_0, t_f)$: flecha total diferida produzida no intervalo (t_i, t_f)

$f_{tot}(t_f)$: flecha total produzida até o instante t_f

$f_{tot,max}(t_f)$: flecha total máxima produzida até ao instante t_f

Flecha instantânea

Escalão de carga	t_i	$q(t_i)$	Combinação de acções	E_c (MPa)	I_e (cm ⁴)	f_i (mm)	Δf_i (mm)	$f_{i,max}$ (mm)
1	28 dias	Peso próprio, H ₁	Peso próprio+H 1	35220.00	113471.68	3.57	3.57	3.57
2	90 dias	Revestimentos e paredes - Parede interior	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+H 1	36407.73	110697.85	3.75	0.18	3.75
3	120 dias	Revestimentos e paredes - Pavimento	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+H 1	36612.35	109001.83	3.99	0.25	3.99
4	12 meses	Sobrecarga	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1	37177.27	106397.72	4.15	0.16	4.15

Em que:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

$q(t_i)$: carga aplicada no instante inicial 't_i'

f_i : flecha instantânea total devida ao conjunto de cargas que actuam no instante t_i

Δf_i : incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i , calculado como a diferença das flechas instantâneas totais dos instantes t_i e $t_i - 1$.

$f_{i,max}$: valor máximo da flecha instantânea produzida até o instante t_i

E_c : módulo de deformação do betão

$$E_c(t_i) = \left(\exp \left[0,25 \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t_i} \right)^{1/2} \right] \right] \right)^{0,3} \cdot E_c$$

E_c : módulo de deformação secante aos 28 dias

I_e : momento de inércia equivalente da viga para cada escalão de carga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 279 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Obtém-se como a mínima inércia das calculadas para todas as possíveis combinações características das cargas aplicadas no referido escalão. Considera-se sempre o valor mais desfavorável calculado até esse instante.

Escalão	t_i	$Q(t_i)$	$I_{e,v,i}$ (cm ⁴)	$I_{e,i}$ (cm ⁴)
1	28 dias	Peso próprio,H 1	113471.68	113471.68
2	90 dias	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,H 1	110697.85	110697.85
3	120 dias	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,Revestimentos e paredes - Pavimento,H 1	109001.83	109001.83
4	12 meses	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,Revestimentos e paredes - Pavimento,Sobrecarga,Vento +X exc.+,Vento +X exc.-,Vento -X exc.+,Vento -X exc.-,Vento +Y exc.+,Vento +Y exc.-,Vento -Y exc.+,Vento -Y exc.-,H 1	106397.72	106397.72

Sendo:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

$Q(t_i)$: cargas que actuam a partir do instante t_i

$I_{e,i}$: inércia equivalente da viga considerada para o escalão de carga "i". É o valor desfavorável de todos os calculados até o referido instante.

$$I_{e,i} = \min_{j=1}^{j=i} (I_{e,v,j})$$

$I_{e,v,i}$: inércia equivalente da viga calculada para o escalão de carga "i"

Mostra-se, seguidamente, o desenvolvimento do valor desfavorável de $I_{e,v}$, que se produz para o escalão de carga "4"

$I_{e,v}$: momento de inércia equivalente da viga para a combinação "Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+Sobrecarga+0.6Vento -X exc.+ +H 1"

$I_{e,v} : 106397.7$

Calcula-se comparando a viga a um dos casos tipo definidos pela norma em função da lei de momentos resultante. Quando não é possível a comparação com um único caso tipo, interpola-se linearmente entre os mesmos, de forma que a inércia equivalente se possa expressar como combinação das inércias definidas para esses casos:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 280 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$I_{e,v} = \alpha_A \cdot I_{e,\text{caso A}} + \alpha_B \cdot I_{e,\text{caso B}} + \alpha_{C1} \cdot I_{e,\text{caso C1}} + \alpha_{C2} \cdot I_{e,\text{caso C2}} + \alpha_{D1} \cdot I_{e,\text{caso D1}} + \alpha_{D2} \cdot I_{e,\text{caso D2}}$$

Em que:

caso A	caso B	caso C1, C2	caso D1, D2
Elementos simplesmente apoiados	Vãos internos de elementos contínuos	Vãos externos com continuidade só num dos apoios	Elementos em consola
$I_e = I_{ec}$	$I_e = 0.50I_{ec} + 0.25(I_{ee1} + I_{ee2})$	$I_e = 0.75I_{ec} + 0.25I_{ee}$	$I_e = I_{ee}$

α_i : coeficiente de combinação para o caso 'i'

α_A	α_B	α_{C1}	α_{C2}	α_{D1}	α_{D2}
0	1	0	0	0	0

I_{ec} : momento de inércia equivalente da secção de centro de vão

I_{ee1} : momento de inércia equivalente da secção de extremo (1)

I_{ee2} : momento de inércia equivalente da secção de extremo (2)

Calcula-se através da fórmula de Bischoff:

$$\frac{1}{I_{ei}} = \left(\frac{M_f}{M_a} \right)^2 \frac{1}{I_b} + \left[1 - \left(\frac{M_f}{M_a} \right)^2 \right] \frac{1}{I_f} \leq I_b$$

Secção	I_b (cm ⁴)	I_f (cm ⁴)	M_f (kN·m)	M_a (kN·m)	I_{ei} (cm ⁴)
Extremo (1)	142916.67	54771.22	-41.760	-70.482	69906.81
Centro de vão	142916.67	32514.50	38.990	26.970	142916.67
Extremo (2)	142916.67	54771.22	-41.760	-70.585	69850.75

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 281 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Sendo:

I_b: momento de inércia da secção bruta

I_f: momento de inércia da secção fendilhada

M_f: momento de fendilhação da secção

M_a: momento flector aplicado na secção

Flecha diferida

Obtém-se como a soma das flechas diferidas produzidas para cada escalão de carga. ($f_{dif}(t_i, t_f)$)

$$f_{dif,tot} = \sum f_{dif}(t_i, t_f)$$

$f_{dif}(t_i, t_f)$: flecha diferida por escalão de carga. Calcula-se como a soma das flechas diferidas produzidas por cada carga aplicada durante o intervalo de tempo do escalão de carga:

$$f_{dif}(t_i, t_f) = \sum (\Delta f_i \cdot \lambda(t_i, t_f))$$

Intervalo de carga	t_i	t_f	Combinação de acções	Δf_i (mm)	$\Sigma \Delta f_i$ (mm)	$\xi(t_i)$	$\xi(t_f)$	$\phi(t_i, t_f)$	$f_{dif}(t_i, t_f)$ (mm)
1-2	28 dias	90 dias	Peso próprio+H 1	3.57	3.57	0.67	1.00	0.33	1.17
2-3	90 dias	120 dias	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+H 1	0.18	3.75	1.00	1.07	0.07	0.25
3-4	120 dias	12 meses	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+H 1	0.25	3.99	1.07	1.40	0.33	1.33
4-∞	12 meses	∞	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1	0.16	4.15	1.40	2.00	0.60	2.49

Em que:

t_i: instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

t_f: instante final de cada intervalo de carga considerado

Δf_i: incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i, calculado como a diferença das flechas instantâneas totais dos instantes t_i e t_i - 1.

ξ(t_i): coeficiente de duração de carga para o instante inicial do intervalo de carga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 282 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$\xi(t_f)$: coeficiente de duração de carga para o instante final do intervalo de carga

$\varphi(t_i, t_f)$: factor de cálculo da flecha diferida para o intervalo de carga (t_i, t_f)

$$\varphi = \xi(t_i, t_f) = \xi(t_f) - \xi(t_i)$$

Flecha activa a partir do instante "3 meses", para a combinação de acções "Quase permanente"

A flecha máxima produz-se na secção "4.17 m" para a combinação de acções: Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1

$$f_{A,max} \leq f_{A,lim}$$

$$4.66 \text{ mm} \leq 16.70 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$f_{A,lim}$: limite estabelecido para a flecha activa

$$f_{A,lim} : \underline{16.70} \text{ mm}$$

$$f_{A,lim} = L/500$$

L: comprimento de referência

$$L : \underline{8.35} \text{ m}$$

$f_{A,max}$: flecha activa máxima produzida a partir do instante "3 meses"

$$f_{A,max} : \underline{4.66} \text{ mm}$$

Flecha produzida a partir do instante "3 meses", calculada como a diferença entre a flecha total máxima e a flecha produzida até ao referido instante ($f(t_{ed})$)

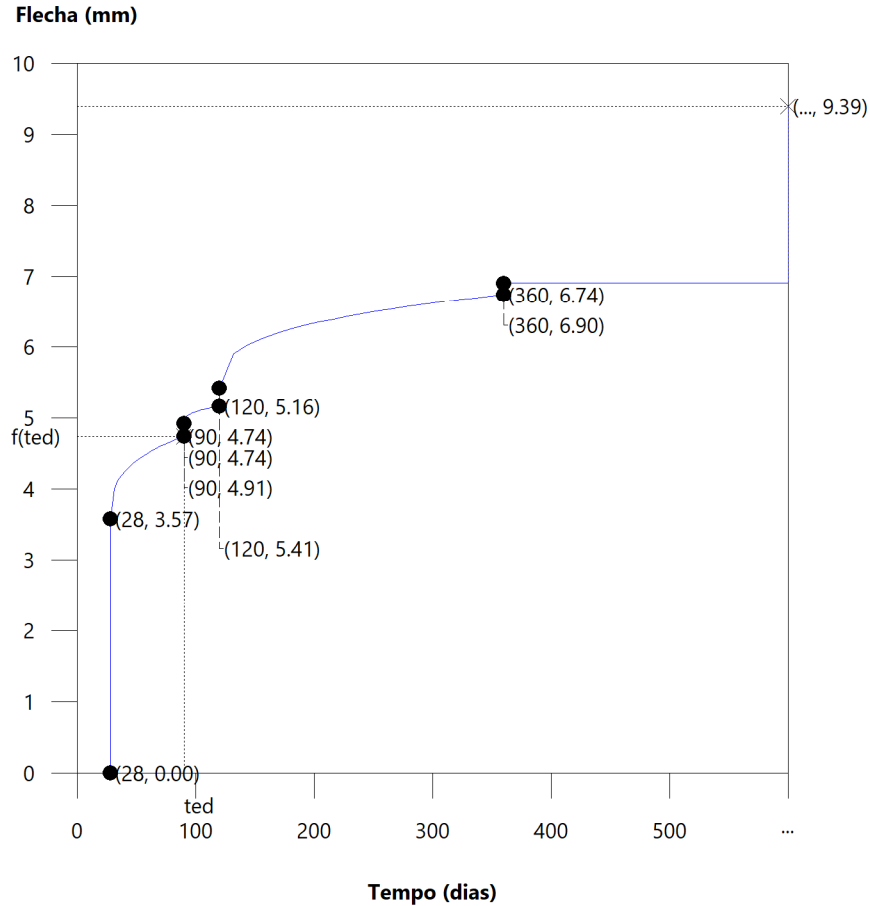
$$f_{A,max} = f_{T,max}(t_{ed}, \infty) - f(t_{ed})$$

$f_{T,max}(t_{ed}, \infty)$: flecha total máxima produzida a partir do instante "3 meses"

$$f_{T,max}(t_{ed}, \infty) : \underline{9.39} \text{ mm}$$

Flecha total a prazo infinito

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 283 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		



Escalão de carga	t_i (dias)	t_f (dias)	$f_0(t_i)$ (mm)	$\Delta f_i(t_i)$ (mm)	$f(t_i)$ (mm)	$f_{dif}(t_0, t_f)$ (mm)	$f_{tot}(t_f)$ (mm)	$f_{tot, max}(t_f)$ (mm)
1-2	28	90	0.00	3.57	3.57	1.17	4.74	4.74
2-3	90	120	4.74	0.18	4.91	0.25	5.16	5.16
3-4	120	360	5.16	0.25	5.41	1.33	6.74	6.74
4-∞	360	∞	6.74	0.16	6.90	2.49	9.39	9.39

Em que:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

t_f : instante final de cada intervalo de carga considerado

$f_0(t_i)$: flecha no instante inicial do intervalo, antes de aplicar a carga de t_i

$\Delta f_i(t_i)$: incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i

$f(t_i)$: flecha no instante inicial do intervalo, depois de aplicar a carga de t_i

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 284 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$f_{dif}(t_0, t_f)$: flecha total diferida produzida no intervalo (t_i, t_f)

$f_{tot}(t_f)$: flecha total produzida até o instante t_f

$f_{tot,max}(t_f)$: flecha total máxima produzida até ao instante t_f

Flecha instantânea

Escalão de carga	t_i	$q(t_i)$	Combinação de acções	E_c (MPa)	I_e (cm ⁴)	f_i (mm)	Δf_i (mm)	$f_{i,max}$ (mm)
1	28 dias	Peso próprio, H ₁	Peso próprio+H 1	35220.00	113471.68	3.57	3.57	3.57
2	90 dias	Revestimentos e paredes - Parede interior	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+H 1	36407.73	110697.85	3.75	0.18	3.75
3	120 dias	Revestimentos e paredes - Pavimento	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+H 1	36612.35	109001.83	3.99	0.25	3.99
4	12 meses	Sobrecarga	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1	37177.27	106397.72	4.15	0.16	4.15

Em que:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

$q(t_i)$: carga aplicada no instante inicial 't_i'

f_i : flecha instantânea total devida ao conjunto de cargas que actuam no instante t_i

Δf_i : incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i , calculado como a diferença das flechas instantâneas totais dos instantes t_i e t_{i-1} .

$f_{i,max}$: valor máximo da flecha instantânea produzida até o instante t_i

E_c : módulo de deformação do betão

$$E_c(t_i) = \left(\exp \left[0,25 \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t_i} \right)^{1/2} \right] \right] \right)^{0,3} \cdot E_c$$

E_c : módulo de deformação secante aos 28 dias

I_e : momento de inércia equivalente da viga para cada escalão de carga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 285 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Obtém-se como a mínima inércia das calculadas para todas as possíveis combinações características das cargas aplicadas no referido escalão. Considera-se sempre o valor mais desfavorável calculado até esse instante.

Escalão	t_i	$Q(t_i)$	$I_{e,v,i}$ (cm ⁴)	$I_{e,i}$ (cm ⁴)
1	28 dias	Peso próprio,H 1	113471.68	113471.68
2	90 dias	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,H 1	110697.85	110697.85
3	120 dias	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,Revestimentos e paredes - Pavimento,H 1	109001.83	109001.83
4	12 meses	Peso próprio,Revestimentos e paredes - Parede interior,Revestimentos e paredes - Pavimento,Sobrecarga,Vento +X exc.,Vento +X exc.,Vento -X exc.,Vento -X exc.,Vento +Y exc.,Vento +Y exc.,Vento -Y exc.,Vento -Y exc.,H 1	106397.72	106397.72

Sendo:

t_i : instante inicial de cada intervalo de carga "i"

$Q(t_i)$: cargas que actuam a partir do instante t_i

$I_{e,i}$: inércia equivalente da viga considerada para o escalão de carga "i". É o valor desfavorável de todos os calculados até o referido instante.

$$I_{e,i} = \min_{j=1}^{j=i} (I_{e,v_j})$$

$I_{e,v,i}$: inércia equivalente da viga calculada para o escalão de carga "i"

Mostra-se, seguidamente, o desenvolvimento do valor desfavorável de $I_{e,v}$, que se produz para o escalão de carga "4"

$I_{e,v}$: momento de inércia equivalente da viga para a combinação "Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+Sobrecarga+0.6Vento -X exc.++H 1"

Calcula-se comparando a viga a um dos casos tipo definidos pela norma em função da lei de momentos resultante. Quando não é possível a comparação com um único caso tipo, interpola-se linearmente entre os mesmos, de forma que a inércia equivalente se possa expressar como combinação das inércias definidas para esses casos:

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 286 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

$$I_{e,v} = \alpha_A \cdot I_{e, \text{caso A}} + \alpha_B \cdot I_{e, \text{caso B}} + \alpha_{C1} \cdot I_{e, \text{caso C1}} + \alpha_{C2} \cdot I_{e, \text{caso C2}} + \alpha_{D1} \cdot I_{e, \text{caso D1}} + \alpha_{D2} \cdot I_{e, \text{caso D2}}$$

Em que:

caso A	caso B	caso C1, C2	caso D1, D2
Elementos simplesmente apoiados	Vãos internos de elementos contínuos	Vãos externos com continuidade só num dos apoios	Elementos em consola
$I_e = I_{ec}$	$I_e = 0.50I_{ec} + 0.25(I_{ee1} + I_{ee2})$	$I_e = 0.75I_{ec} + 0.25I_{ee}$	$I_e = I_{ee}$

α_i : coeficiente de combinação para o caso 'i'

α_A	α_B	α_{C1}	α_{C2}	α_{D1}	α_{D2}
0	1	0	0	0	0

I_{ec} : momento de inércia equivalente da secção de centro de vão **I_{ec} : 142916.67 cm⁴**

I_{ee1} : momento de inércia equivalente da secção de extremo (1) **I_{ee1} : 69906.81 cm⁴**

I_{ee2} : momento de inércia equivalente da secção de extremo (2) **I_{ee2} : 69850.75 cm⁴**

Calcula-se através da fórmula de Bischoff:

$$\frac{1}{I_{ei}} = \left(\frac{M_f}{M_a} \right)^2 \frac{1}{I_b} + \left[1 - \left(\frac{M_f}{M_a} \right)^2 \right] \frac{1}{I_f} \leq I_b$$

Secção	I_b (cm ⁴)	I_f (cm ⁴)	M_f (kN·m)	M_a (kN·m)	I_{ei} (cm ⁴)
Extremo (1)	142916.67	54771.22	-41.760	-70.482	69906.81
Centro de vão	142916.67	32514.50	38.990	26.970	142916.67

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 287 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

Secção	I _b (cm ⁴)	I _f (cm ⁴)	M _f (kN·m)	M _a (kN·m)	I _{ei} (cm ⁴)
Extremo (2)	142916.67	54771.22	-41.760	-70.585	69850.75

Sendo:

I_b: momento de inércia da secção bruta

I_f: momento de inércia da secção fendilhada

M_f: momento de fendilhação da secção

M_a: momento flector aplicado na secção

Flecha diferida

Obtém-se como a soma das flechas diferidas produzidas para cada escalão de carga. ($f_{dif}(t_i, t_f)$)

$$f_{dif,tot} = \sum f_{dif}(t_i, t_f)$$

$f_{dif}(t_i, t_f)$: flecha diferida por escalão de carga. Calcula-se como a soma das flechas diferidas produzidas por cada carga aplicada durante o intervalo de tempo do escalão de carga:

$$f_{dif}(t_i, t_f) = \sum (\Delta f_i \cdot \lambda(t_i, t_f))$$

Intervalo de carga	t _i	t _f	Combinação de acções	Δf _i (mm)	ΣΔf _i (mm)	ξ(t _i)	ξ(t _f)	φ(t _i , t _f)	f _{dif} (t _i , t _f) (mm)
1-2	28 dias	90 dias	Peso próprio+H 1	3.57	3.57	0.67	1.00	0.33	1.17
2-3	90 dias	120 dias	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+H 1	0.18	3.75	1.00	1.07	0.07	0.25
3-4	120 dias	12 meses	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+H 1	0.25	3.99	1.07	1.40	0.33	1.33
4-∞	12 meses	∞	Peso próprio+Revestimentos e paredes - Parede interior+Revestimentos e paredes - Pavimento+0.3Sobrecarga+H 1	0.16	4.15	1.40	2.00	0.60	2.49

Em que:

t_i: instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Tanque de equalização e pré-sedimentação de águas e salmoura sujas (AS)	Data 18/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 288 de 288
Código AdA AL-ACE-3611-CW-CAC-00001		Código ACE AL-INN-3611-CW-CAC-00001		

t_f : instante final de cada intervalo de carga considerado

Δf_i : incremento de flecha instantânea devido à carga aplicada no instante t_i , calculado como a diferença das flechas instantâneas totais dos instantes t_i e t_{i-1} .

$\xi(t_i)$: coeficiente de duração de carga para o instante inicial do intervalo de carga

$\xi(t_f)$: coeficiente de duração de carga para o instante final do intervalo de carga

$\varphi(t_i, t_f)$: factor de cálculo da flecha diferida para o intervalo de carga (t_i, t_f)

$$\varphi = \xi(t_i, t_f) = \xi(t_f) - \xi(t_i)$$

f

$f(t_{ed})$: flecha total produzida até o instante "3 meses"

$(t_{ed} = 4.7 \text{ m})$
) : 4 m

A flecha total produzida até o instante " t_{ed} " associado ao momento de execução do elemento não estrutural (3 meses) obtém-se a partir da história total de cargas desenvolvida anteriormente no cálculo da flecha total a prazo infinito.