

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	1 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

AL-ACE-2300-CW-CAC-00001

Relatório de cálculo estrutural. Câmara de descarga

01.0	14/05/2025	Documento inicial	HDC	GSI	ACE
Rev.	Dados	Descrição	Criado	Revisto	Aprovado

Editado para:

Informação		Compra	
Aprovação	X	Construção	
Pedido de licitação		Conforme construído	

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 2 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Índice

1. INTRODUÇÃO	6
2. DADOS DE REFERÊNCIA	9
2.1. Materiais	9
2.2. Revestimentos	9
2.3. Parâmetros Geotécnicos	10
2.4. Estado Limite de Serviço (ELS)	10
2.5. Estados Limites Últimos (ELU)	10
3. MODELO DE CÁLCULO	11
3.1. Geometria	11
3.2. Propriedades dos materiais	12
3.3. Ações durante a fase de construção.....	13
3.3.1. Ações permanentes	13
3.3.2. Ações variáveis	14
3.3.3. Empuxos estáticos do terreno.....	16
3.4. Ações durante a fase operacional	18
3.4.1. Ações permanentes	18
3.4.2. Ações variáveis	19
3.4.3. Ação dos fluidos.....	20
3.4.4. Empuxos estáticos do terreno.....	21
3.4.5. Ação sísmica.....	23
4. CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	34
4.1. Dimensionamento preliminar.....	34
4.2. Assentamentos máximo	40
4.3. Tensão máxima	41
4.4. Deslocamento máximo durante ou pipe jacking (ELS)	41
4.5. Armaduras de reforço, verificação por esforços cortantes e fissuração	42
4.5.1. Lajes de fundação espessura 80 cm.....	42
4.5.2. Muro no eixo B, espessura 100cm	47
4.5.3. Muro no eixo A, espessura 50cm	50
4.5.4. Muros nos eixos 1 e 2, espessura 50cm.....	53

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 3 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Ilustrações

Ilustração 1. Ubicación de la cámara de descarga	6
Ilustração 2. Vista em planta do Câmara de Descarga (CD), Fase de construção	7
Ilustração 3. Secção longitudinal do Câmara de Descarga (CD), Fase de construção	7
Ilustração 4. Vista em planta do Câmara de Descarga (CD), Fase operacional	8
Ilustração 5. Secção longitudinal do Câmara de Descarga (CD), Fase operacional	8
Ilustração 6. Modelo de elementos finitos MEF, fase de construção	11
Ilustração 7. Modelo de elementos finitos MEF, fase operacional	11
Ilustração 8. Eixos de referência e partes da câmara	12
Ilustração 9. Peso de base de betão temporária para nivelar o bastidor (kN/m ²)	13
Ilustração 10. Aterro compactado sobre a laje de fundação (kN/m ²)	14
Ilustração 11. Carga da máquina tuneladora (kN/m ²)	14
Ilustração 12. Carga da tubos de betão armado (kN/m ²)	15
Ilustração 13. Componente horizontal da força de empurramento de tubos (kN/m ²)	15
Ilustração 14. Componente vertical da força de empurramento de tubos (kN)	16
Ilustração 15. Empuje activo sobre el muro frontal (kN/m ²)	17
Ilustração 16. Pressão de repouso sobre os muros laterais (kN/m ²)	17
Ilustração 17. Empuxos devidos a sobrecargas nos muros lateris (kN/m ²)	18
Ilustração 18. Aterro compactado sobre a laje de fundação (kN/m ²)	19
Ilustração 19. Sobrecarga de uso no nível da cobertura (kN/m ²)	19
Ilustração 20. Pressões hidrostáticas, situação operacional 1	20
Ilustração 21. Pressões hidrostáticas, situação operacional 2	20
Ilustração 22. Pressões hidrostáticas (kN/m ²)	21
Ilustração 23. Pressão de repouso sobre os muros (kN/m ²)	21
Ilustração 24. Empuje de repouso sobre los muros (kN/m ²)	22
Ilustração 25. Espectro de reposta elástica horizontal para $\xi = 5\%$ (Sismo Tipo 1)	23
Ilustração 26. Espectro de reposta elástica horizontal para $\xi = 5\%$ (Sismo Tipo 2)	24

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	4 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Ilustração 27. Espectro de reposta elástica horizontal para $\xi = 0.5\%$ (Sismo Tipo 1)	24
Ilustração 28. Espectro de reposta elástica horizontal para $\xi = 0.5\%$ (Sismo Tipo 2)	25
Ilustração 29. Espectro de cálculo horizontal para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 1)	25
Ilustração 30. Espectro de cálculo horizontal para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 2)	26
Ilustração 31. Espectro de cálculo vertical para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 1)	27
Ilustração 32. Espectro de cálculo vertical para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 2)	27
Ilustração 33. Impulso dinâmico do terreno (kN/m^2)	29
Ilustração 34. Pressão impulsiva para o sismo na direção X (kN/m^2)	31
Ilustração 35. Pressão impulsiva para o sismo na direção Y, Paredes nos eixos 1 e 2 (kN/m^2)	31
Ilustração 36. Pressão convectiva para o sismo na direção X (kN/m^2)	32
Ilustração 37. Pressão impulsiva para o sismo na direção Y, Paredes nos eixos 1 e 2 (kN/m^2)	32
Ilustração 38. Pressão hidrodinâmica para o sismo na direção Z (kN/m^2)	33
Ilustração 39. Assentamentos para estados limites de utilização (ELS)	40
Ilustração 40. Tensão máxima (Durante o processo de cravação do tubo)	41
Ilustração 41. Deslocamento horizontal	41
Ilustração 42. Momentos máximos M11 - Lajes de fundação (kN-m/m)	42
Ilustração 33. Momentos máximos M22 - Lajes de fundação (kN-m/m)	42
Ilustração 44. Armadura superior direção X - Lajes de fundação (mm^2/mm)	43
Ilustração 45. Armadura superior direção Y - Lajes de fundação (mm^2/mm)	43
Ilustração 46. Armadura inferior direção X - Lajes de fundação (mm^2/mm)	44
Ilustração 37. Armadura inferior direção Y - Lajes de fundação (mm^2/mm)	44
Ilustração 48. Esforço cortante V13 - Lajes de fundação (kN/m)	45
Ilustração 49. Esforço cortante V23 - Lajes de fundação (kN/m)	45
Ilustração 50. Momentos e forças axiais máximos - Muro no Aixo B	47
Ilustração 51. Armaduras - Muro no Aixo B (mm^2/mm)	48
Ilustração 52. Esforço cortante máximo - Muro no Aixo B (kN/m)	49
Ilustração 50. Momentos e forças axiais máximos - Muro no Aixo A	50
Ilustração 51. Armaduras - Muro no Aixo A (mm^2/mm)	51
Ilustração 52. Esforço cortante máximo - Muro no Aixo A (kN/m)	52

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	5 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Ilustração 56. Momentos Máximos - Muros nos eixos 1 e 2	53
Ilustração 57. Forças axiais - Muros nos eixos 1 e 2	54
Ilustração 58. Armaduras direção X - Muro nos eixos 1 e 2	55
Ilustração 59. Armaduras direção Z - Muro nos eixos 1 e 2	56
Ilustração 60. Esforço cortante máximo - Muros nos Aixos 1 e 2 (kN/m)	57

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	6 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

1. INTRODUÇÃO

A presente relatório de cálculo compreende o dimensionamento da estrutura da Câmara de Descarga (CD), que estará situada junto à costa, no percurso da tubagem de salmoura que liga a EDAM ao ponto de descarga no mar, do Sistema de Dessalinização na Região do Algarve.



Ilustração 1. Ubicación de la cámara de descarga

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	7 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

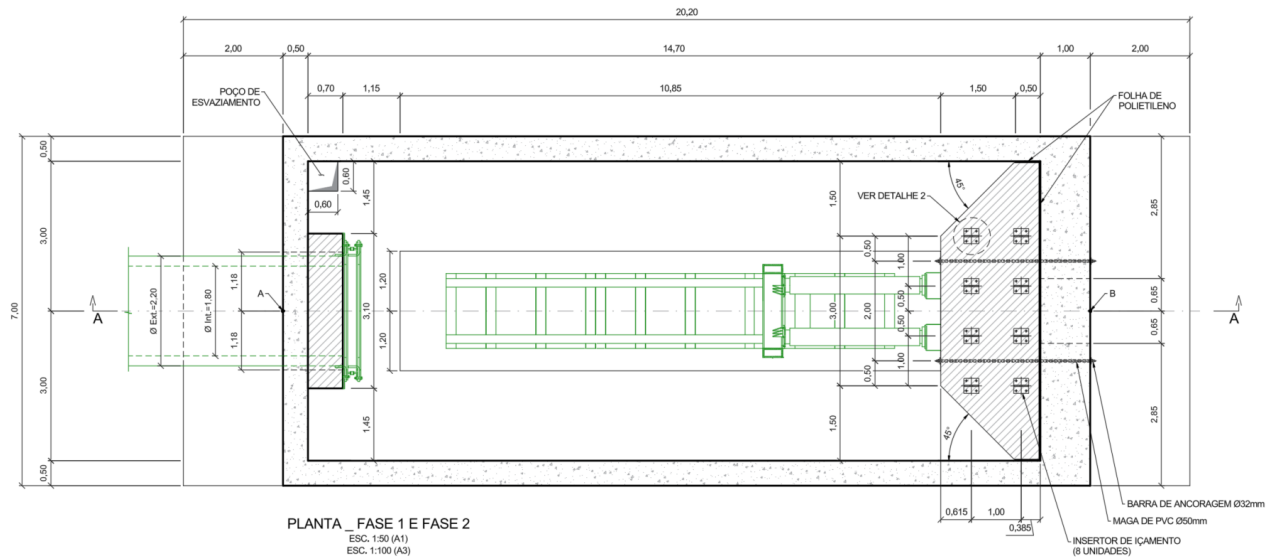


Ilustração 2. Vista em planta do Câmara de Descarga (CD), Fase de construção

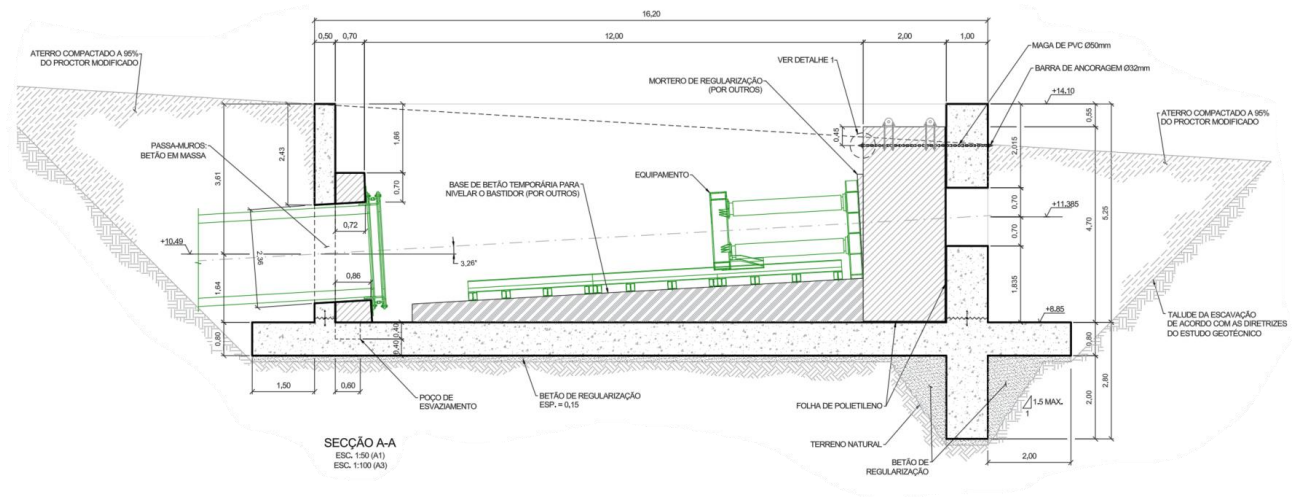


Ilustração 3. Secção longitudinal do Câmara de Descarga (CD), Fase de construção

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 8 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

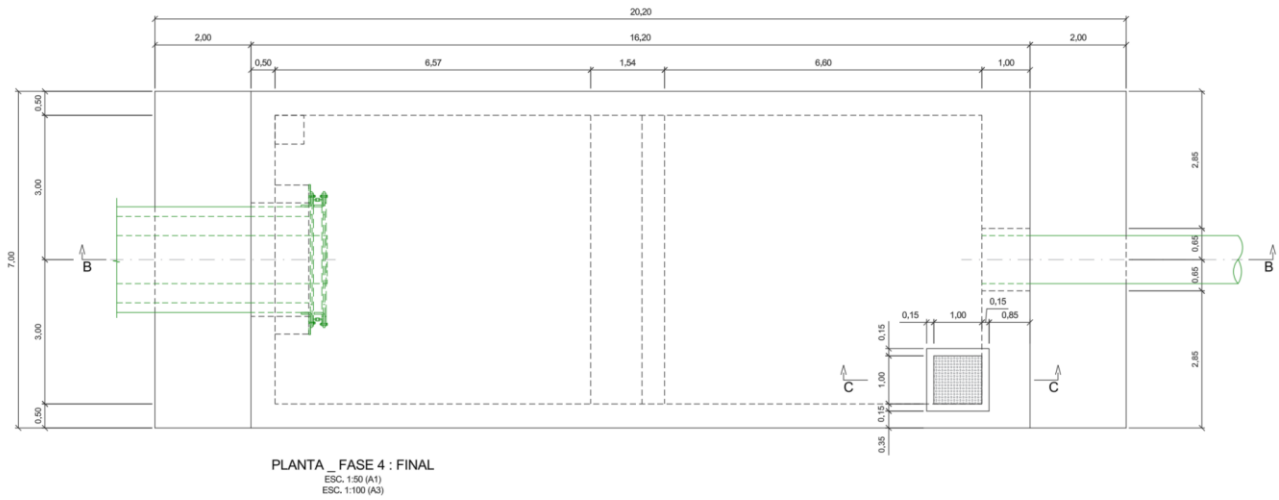


Ilustração 4. Vista em planta do Câmara de Descarga (CD), Fase operacional

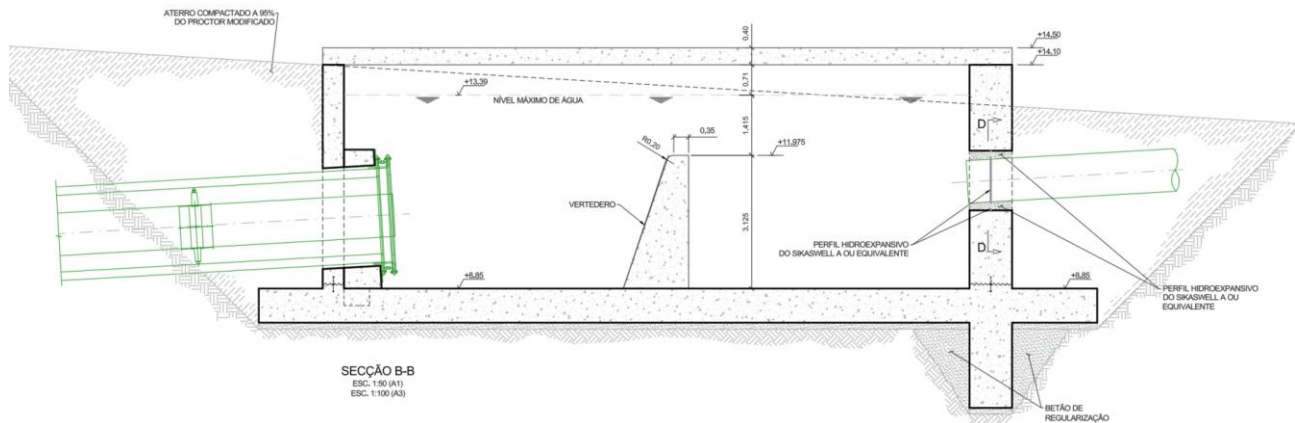


Ilustração 5. Secção longitudinal do Câmara de Descarga (CD), Fase operacional

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 9 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

2. DADOS DE REFERÊNCIA

Dados de referência

- Materiais.
- Revestimentos.
- Parâmetros geotécnicos.
- Estado Limite de Serviço (ELS).
- Estado Limite Últimos (ELU).

2.1. Materiais

Materiais:

Materiais				
Material Betão	Materiais armados	Classe de exposição	Armadura mínima	Material Aço
C40/50	A500NR	XS3/XA3	0.0018 bd	N/A

Quadro 1. Materiais

2.2. Revestimentos

Revestimentos:

Recobrimentos			
Recobrimento em elementos em contacto com água [mm]	Recobrimento em elementos pré-fabricados [mm]	Recobrimento em elementos secos [mm]	Recobrimento em fundações [mm]
50	N/A	50	50

Quadro 2. Recobrimentos

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	10 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

2.3. Parâmetros Geotécnicos

Parâmetros Geotécnicos:

Profundidade (*) (m)	Descrição	Peso específico	Ângulo de atrito interno	Coesão	Capacidade de carga (***)	Módulo de reação vertical (***)
		γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	C' [kPa]	$q_{Rv,k}$ [kPa]	k_{sv} [kN/m ² /m]
0 - 6.00	Aterro compactado (**)	20	38	-	-	-
6.00 - 12	Areias de grão médio	22	42	-	540	10800

Quadro 3. Parâmetros Geotécnicos

* A partir de uma altitude de +14,10 metros acima do nível do mar.

** Aterro com material granular bem graduado, compactado a 95% do Proctor modificado. Estes parâmetros deverão ser verificados pelo engenheiro responsável pelo estudo geotécnico, em função do material de empréstimo disponível.

*** Valores estimados para um assentamento admissível de 50mm.

2.4. Estado Limite de Serviço (ELS)

Estado Limite de Serviço (ELS):

ELS		
Combinação de acções	Limite de fendilhação [mm]	Limite de deformação vertical
Quase-permanente	0,1	L/500

Quadro 4. Estado Limite de Serviço (ELS)

2.5. Estados Limites Ultimos (ELU)

Estados limites últimos para estruturas de betão armado:

ELU			
Tensão de rotura do betão à compressão, f_{ck} [MPa]	Tensão de cedência à tracção do aço das armaduras, f_{yk} [MPa]	Coefficiente parcial relativo ao betão, γ_c	Coefficiente parcial relativo ao aço das armaduras, γ_s
40	500	1,50	1,15

Quadro 5. Estados Limites Ultimos (ELU)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	11 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3. MODELO DE CÁLCULO

3.1. Geometria

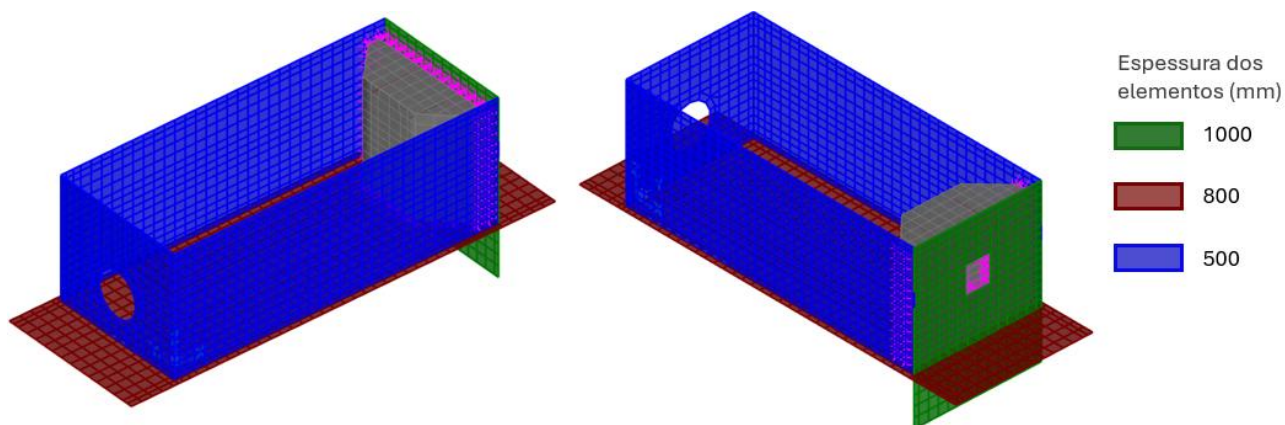


Ilustração 6. Modelo de elementos finitos MEF, fase de construção

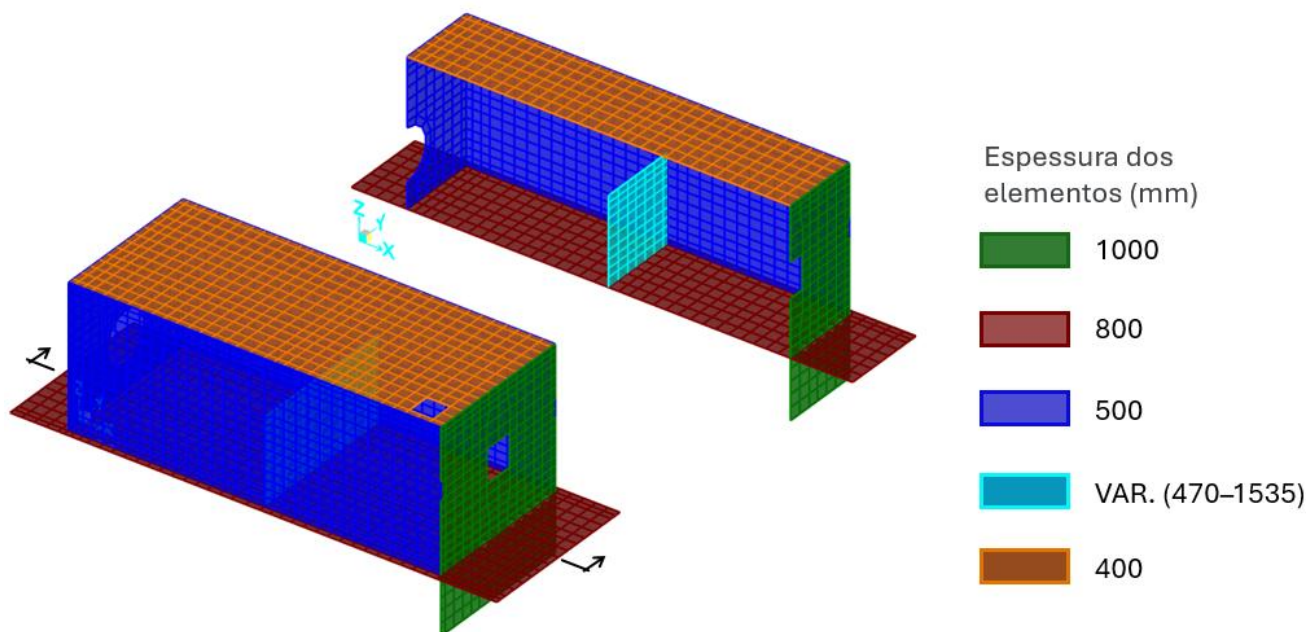


Ilustração 7. Modelo de elementos finitos MEF, fase operacional

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 12 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

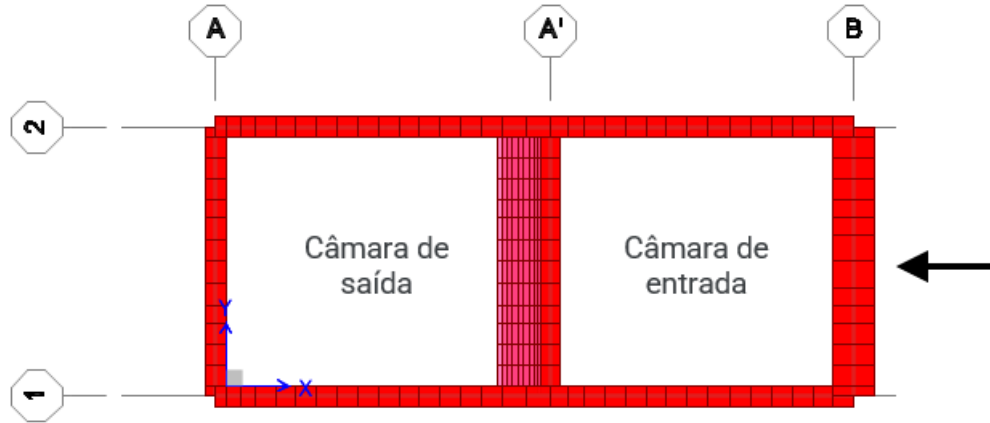


Ilustração 8. Eixos de referência e partes da câmara

3.2. Propriedades dos materiais

No desenvolvimento do modelo numérico, consideraram-se as seguintes propriedades mecânicas dos materiais.

Propriedades para a análise (betão armado)

Unid	Módulo de elasticidade, E_{cm} (MPa)	Módulo de cisalhamento G (MPa)	Coeficiente de Poisson, ν	Peso unitário, γ (kN/m ³)
Todos	35220	14675	0,2	25

Propriedades para o dimensionamento (Betão armado)

Estructura	Material	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)
Todos	Betão	40	---
	Armaduras	---	500

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 13 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.3. Ações durante a fase de construção

3.3.1. Ações permanentes

Elemento	Material	Peso unitário (kN/m ³)	Carga distribuída (kN/m ³)	Peso total (kN)
Tanque	Betão armado	25	-	6486
Bloco de reação	Betão armado	25	-	1146
Base de betão temporária para nivelar o bastidor	Betão simples	23	Variável (10,1 – 24,4)	449
Aterro compactado sobre a laje de fundação (cantilever frontal)	Solo granular	20	105	1470
Aterro compactado sobre a laje de fundação (cantilever traseiro)	Solo granular	20	85	1190

Quadro 6. Ações permanentes durante a fase de construção

Nota: O peso próprio dos elementos de betão armado (tanque, laje de fundação e bloco de reação) é considerado diretamente pelo software de análise estrutural.

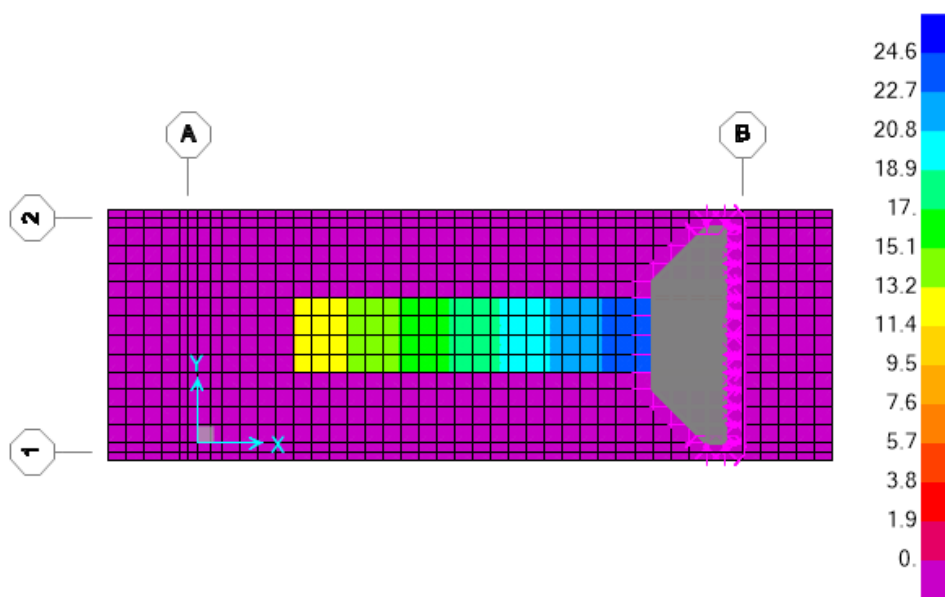


Ilustração 9. Peso de base de betão temporária para nivelar o bastidor (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 14 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

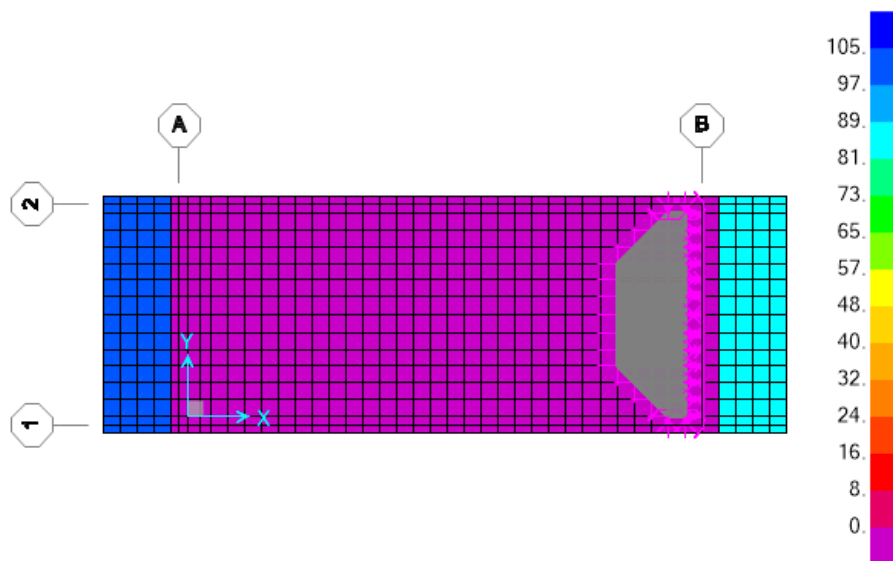


Ilustração 10. Aterro compactado sobre a laje de fundação (kN/m²)

3.3.2. Ações variáveis

Sobrecarga de uso no nível da cobertura = 5 kN/m²

Sobrecargas do tráfego e dos equipamentos = 20 kN/m²

Peso da máquina tuneladora (TBM) (*) = 48,50 ton (476 kN)

Peso de tubos de betão armado (L = 12m) = 380 kN

Carga máxima de empurramento de tubos = 1400 ton (13734 kN)

* O peso da TBM não é concorrente com a carga de empurramento nem com o peso dos segmentos de tubagem.

Peso da TBM: A carga é aplicada uniformemente sobre a laje de fundo, distribuída pela área ocupada pelo bastidor. $Q = 476 \text{ kN} / (10\text{m} \times 2\text{m}) = 23,75 \text{ kN/m}^2 \approx 24 \text{ kN/m}^2$

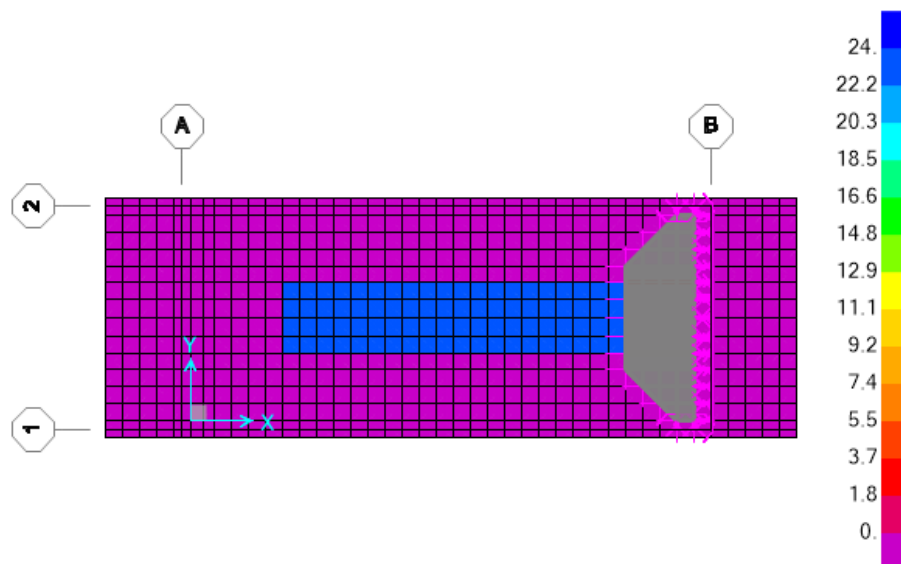


Ilustração 11. Carga da máquina tuneladora (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 15 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Peso de tubos de betão armado (L = 12m):

A carga é aplicada uniformemente sobre a laje de fundo, distribuída pela área ocupada pelo bastidor.

$$Q = 380 \text{ kN} / (10\text{m} \times 2\text{m}) = 19 \text{ kN/m}^2$$

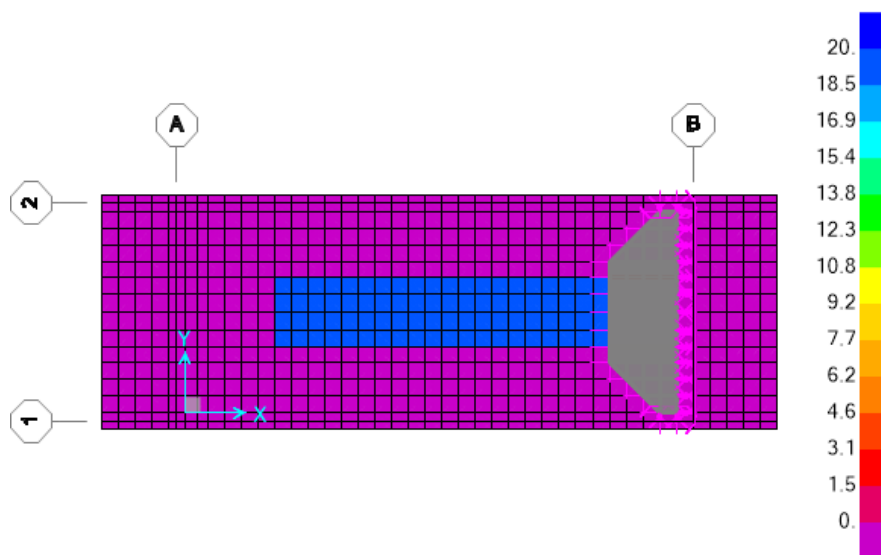


Ilustração 12. Carga da tubos de betão armado (kN/m²)

Carga máxima de empurramento de tubos:

$$\text{Componente horizontal: } F_{h,Qk} = F_{Qk} \cos(3,26^\circ) = 13712 \text{ kN}$$

A componente horizontal da força de empurro foi aplicada na face frontal dos elementos SOLID do bloco de reação, com distribuição uniforme nos elementos adjacentes aos macacos hidráulicos da máquina de empurro. Pressão = $13712 \text{ kN} / (1,3\text{m} \times 1,4\text{m}) = 7534 \text{ kN/m}^2$

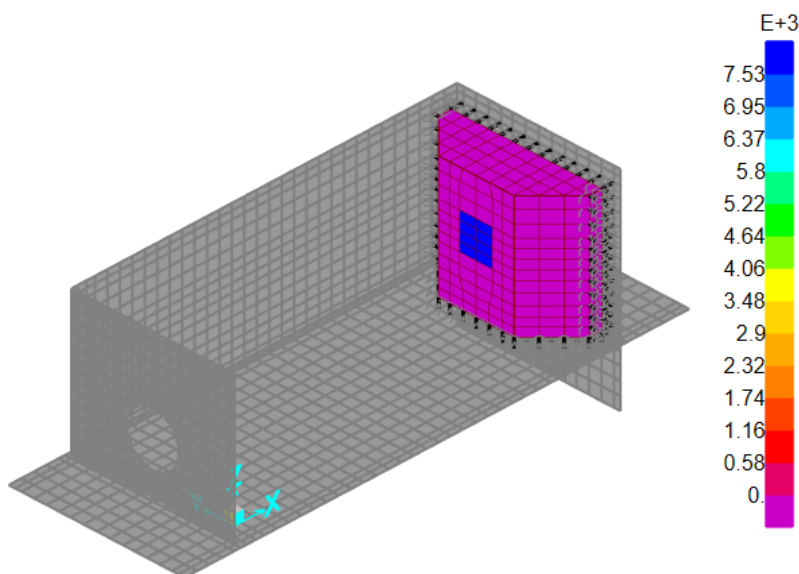


Ilustração 13. Componente horizontal da força de empurramento de tubos (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 16 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Componente vertical: $F_{v,Qk} = F_{Qk} \sin(3.26^\circ) = 781 \text{ kN}$

No modelo numérico, a componente vertical da força de empurro foi introduzida como cargas pontuais nos nós localizados junto aos macacos hidráulicos, garantindo uma distribuição realista das solicitações.

Cargas pontuais = $781 \text{ kN} / 10 = 78,1 \text{ kN}$

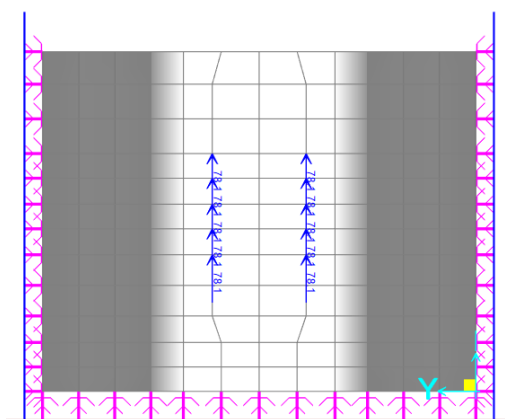


Ilustração 14. Componente vertical da força de empurramento de tubos (kN)

3.3.3. Empuxos estáticos do terreno

Durante o processo de cravação do tubo, o deslocamento da estrutura deve ser suficiente para induzir um estado de empuxo passivo na parede traseira e um empuxo ativo na parede frontal. Nas paredes laterais, como não ocorre movimento transversal, os empuxos correspondem à condição de repouso. Os coeficientes de impulsão (K_0 , K_a , K_p) são fornecidos na quadro 7.

- Coeficientes de empuxo e pressões:

Z (m)	$\tan(\varphi_k) / \gamma_\varphi$	φ_d (°)	C_{ud} (kN/m ²)	$K_{a,d}$	$K_{0,d}$	$K_{p,d}$	$\sigma_{a,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{0,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{p,d}$ (kN/m ²)
0	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	0.00	0.00	0.00
1	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	6.17	0.00	0.00
2	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	12.33	9.40	64.68
3	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	18.50	18.80	129.37
4	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	24.67	28.20	194.05
6.05	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	37.31	47.47	326.65
6.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	35.02	46.16	421.08
7.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	40.81	55.31	504.47
8.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	46.60	64.45	587.85

Quadro 7. Coeficientes de empuxo e pressões

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 17 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

A resistência passiva do solo no muro traseiro e no dentelho foi simulada através de molas não lineares com comportamento exclusivo à compressão, enquanto os demais empuxos foram aplicados como cargas distribuídas nos muros.

- Pressão ativa sobre o muro frontal (Eje A)

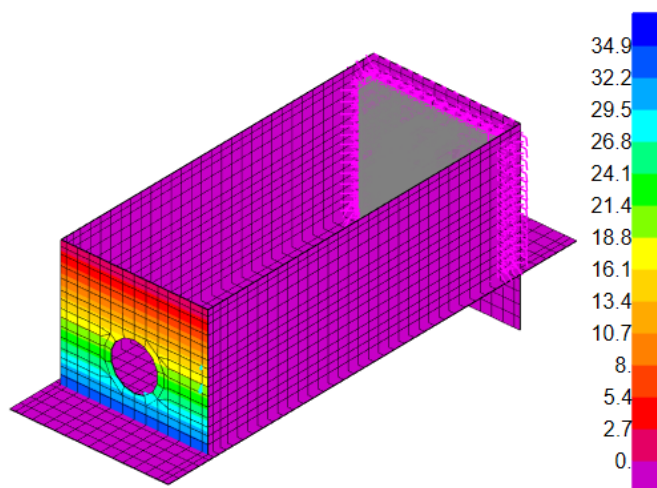


Ilustração 15. Empuje activo sobre el muro frontal (kN/m²)

- Pressão de repouso sobre os muros laterais (Ejes 1 y 2)

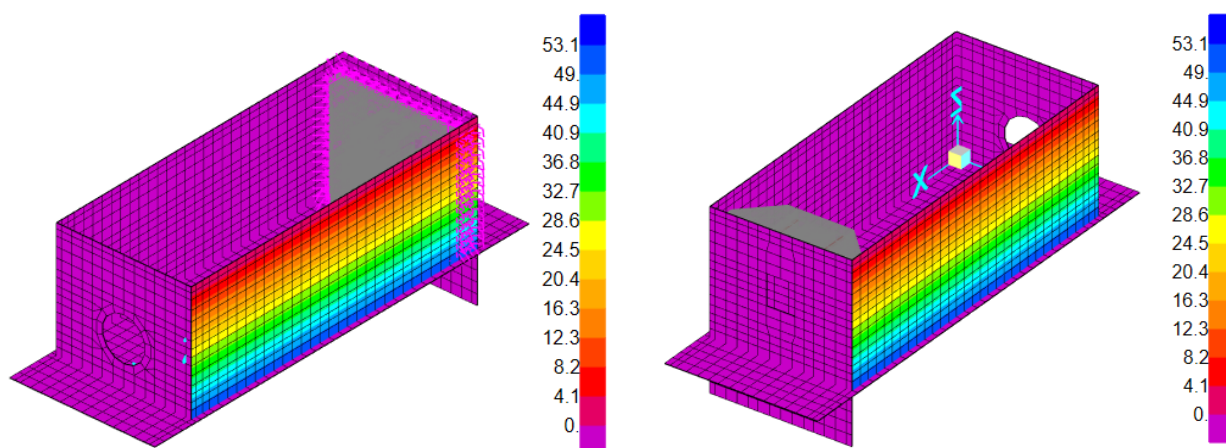


Ilustração 16. Pressão de repouso sobre os muros laterais (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 18 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

- Empuxos devidos a sobrecargas nos muros lateris (Ejes 1 y 2)
Sobrecargas do tráfego e dos equipamentos, $q_{sc} = 20 \text{ kN/m}^2$

$$\sigma_{sc} = K_{0,d} \times q_{sc} = 0,47 \times 20 \text{ kN / m}^2 = 9,4 \text{ kN/m}^2$$

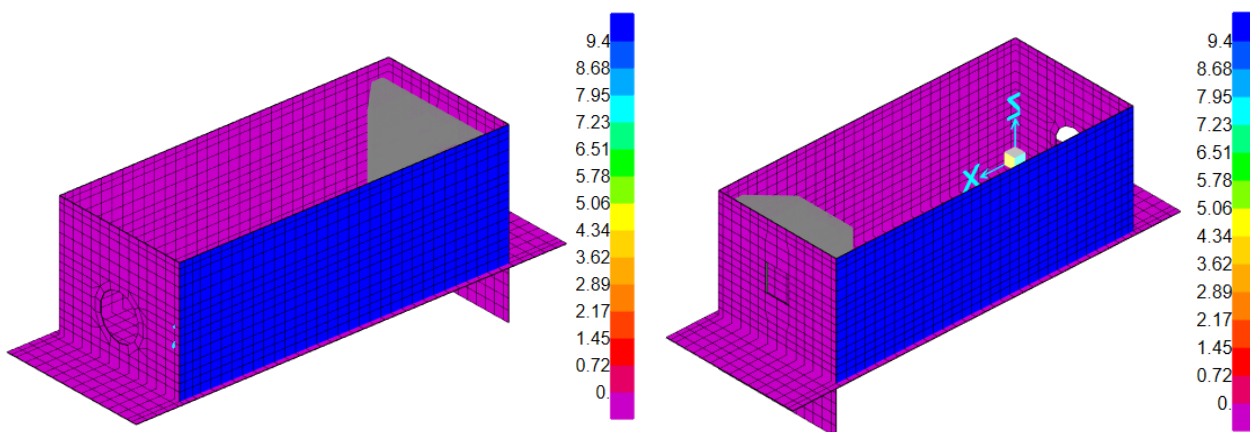


Ilustração 17. Empuxos devidos a sobrecargas nos muros lateris (kN/m²)

3.4. Ações durante a fase operacional

3.4.1. Ações permanentes

Elemento	Material	Peso unitário (kN/m³)	Carga distribuída (kN/m³)	Peso total (kN)
Tanque	Betão armado	25	-	7620
Vertedouro	Betão armado	25	-	470
Aterro compactado sobre a laje de fundação (cantilever frontal)	Solo granular	20	105	1470
Aterro compactado sobre a laje de fundação (cantilever traseiro)	Solo granular	20	85	1190

Quadro 8. Ações permanentes durante a fase operacional

Nota: O peso próprio dos elementos de betão armado (tanque, laje de fundação e vertedouro) é considerado diretamente pelo software de análise estrutural.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 19 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

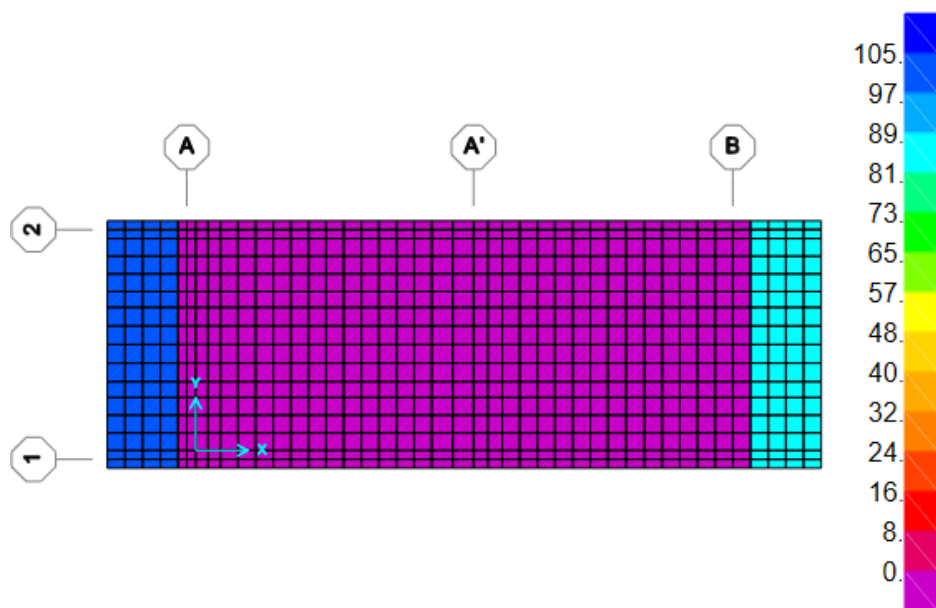


Ilustração 18. Aterro compactado sobre a laje de fundação (kN/m²)

3.4.2. Ações variáveis

Sobrecarga de uso no nível da cobertura 5 kN/m²

Sobrecargas do tráfego e dos equipamentos = 10 kN/m²

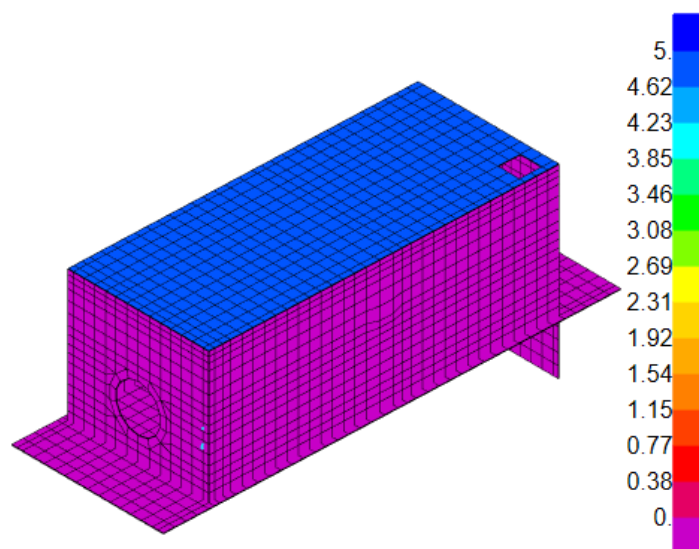


Ilustração 19. Sobrecarga de uso no nível da cobertura (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 20 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.4.3. Ação dos fluidos

Para a água contida na câmara de descarga, considerou-se uma densidade de $9,807 \text{ kN/m}^3$ (arredondada a 10 kN/m^3). Consideraram-se as seguintes situações de operação:

- Situações de operação 1: Pressão hidrostática na vertedouro durante o enchimento da câmara. Este caso de carga é considerado como ação variável.

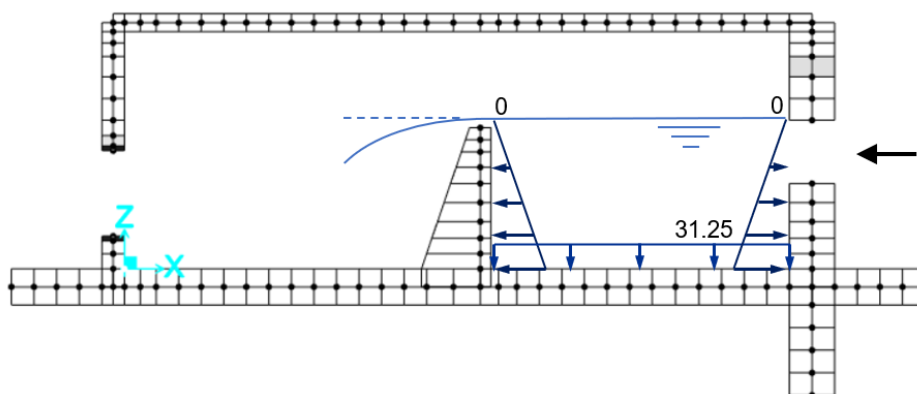


Ilustração 20. Pressões hidrostáticas, situação operacional 1

- Situações de operação 2: Câmara cheia até ao nível máximo de água. Este caso de carga é considerado uma ação permanente.

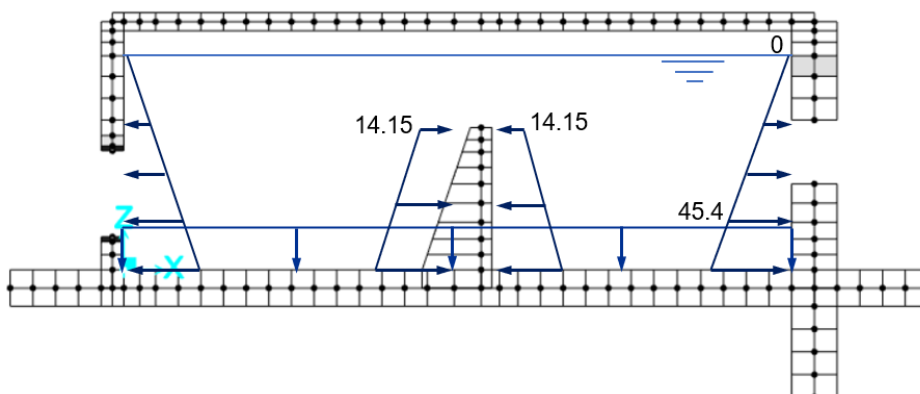
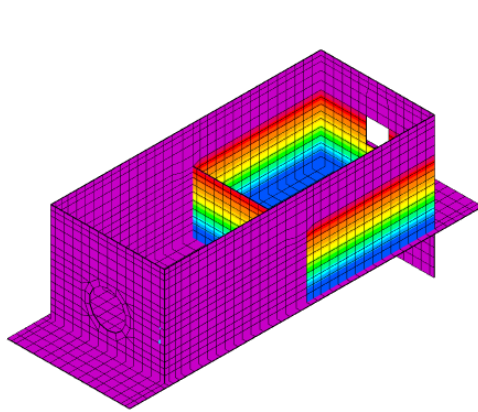
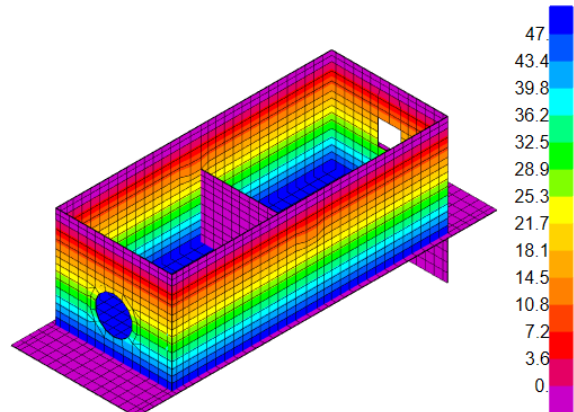


Ilustração 21. Pressões hidrostáticas, situação operacional 2

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	21 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		



Situação operacional 1

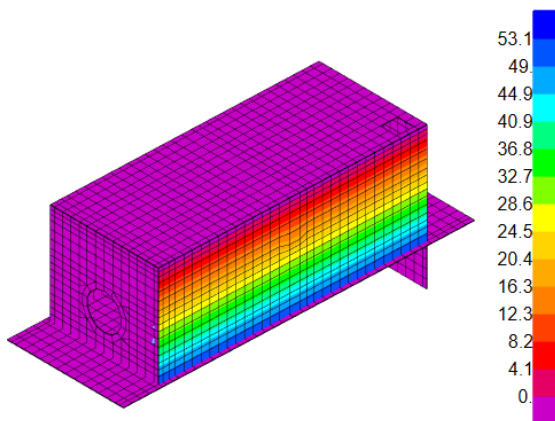


Situação operacional 2

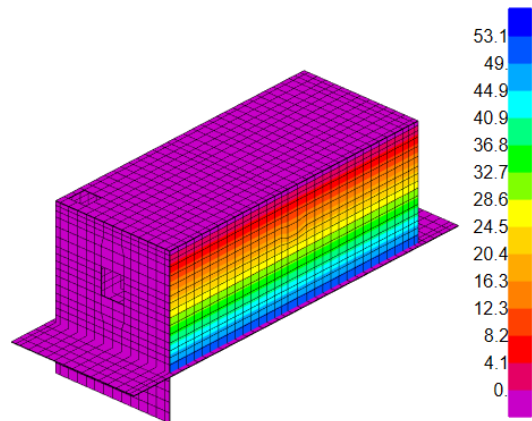
Ilustração 22. Pressões hidrostáticas (kN/m²)

3.4.4. Empuxos estáticos do terreno

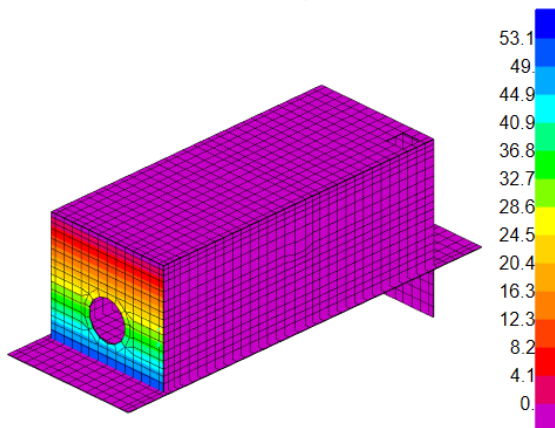
3.4.4.1. Pressão de repouso sobre os muros:



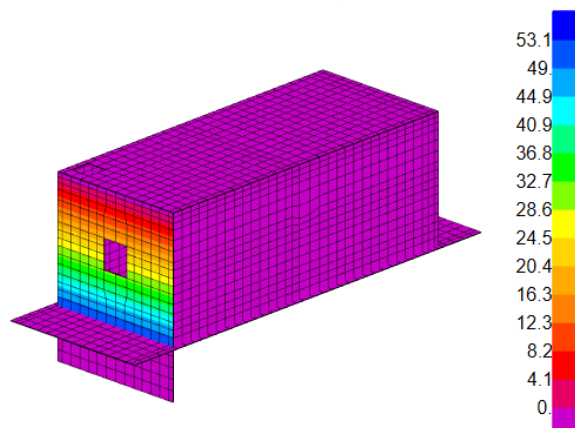
Muro eje 1



Muro eje 2



Muro eje A



Muro eje B

Ilustração 23. Pressão de repouso sobre os muros (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	22 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.4.4.2. Empuxos devidos a sobrecargas nos muros

Sobrecargas do trafego e dos equipamentos, $q_{sc} = 10 \text{ kN/m}^2$

$$\sigma_{sc} = K_{0,d} \times q_{sc} = 0,47 \times 10 \text{ kN / m}^2 = 4,7 \text{ kN/m}^2$$

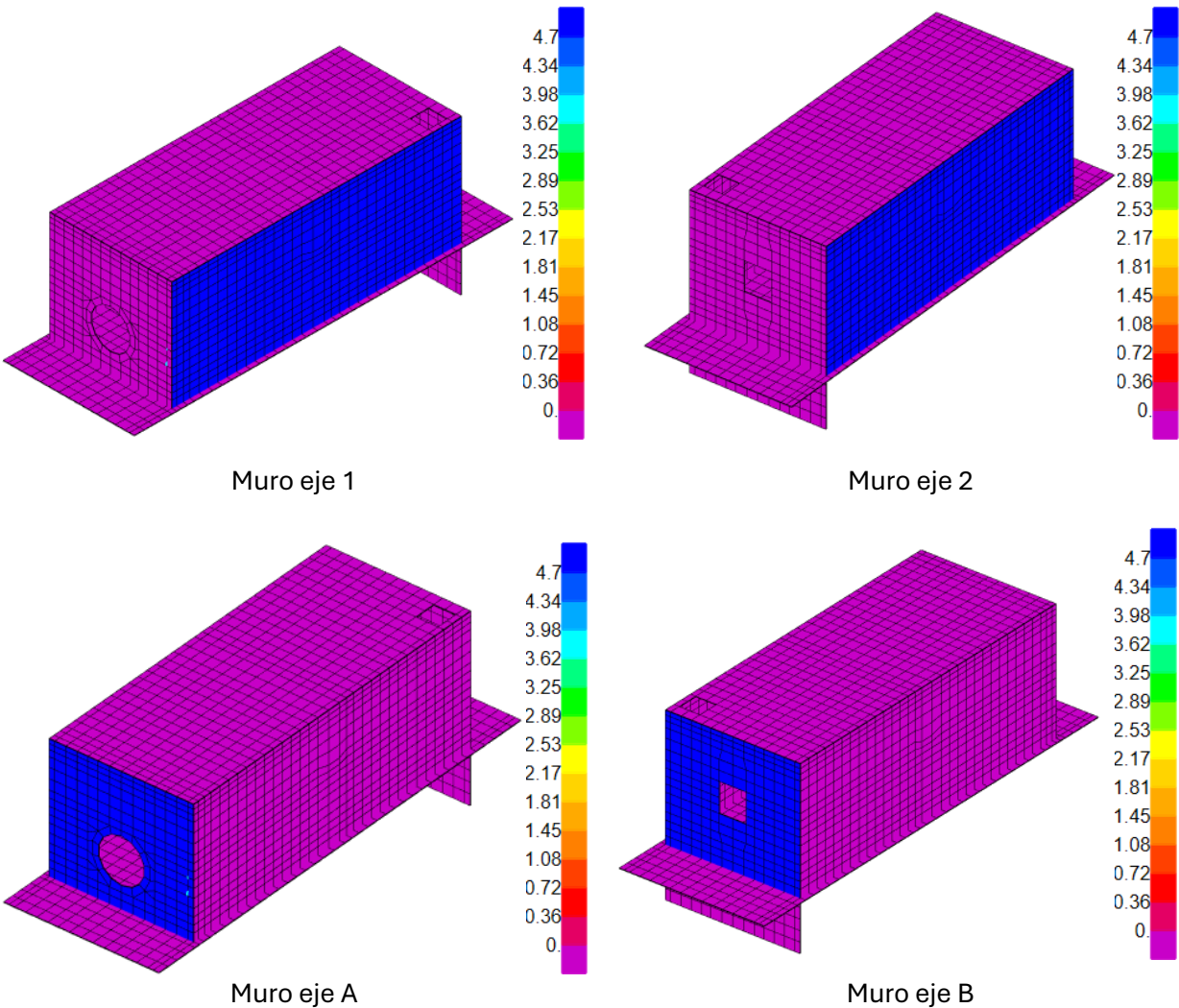


Ilustração 24. Empuje de reposo sobre los muros (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 23 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.4.5. Ação sísmica

De acordo com o EC8, 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 (a_{gR}) igual a 2,00 m/s² e 1,70 m/s², respetivamente.

3.4.5.1. Espectro de reposta elástica horizontal:

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

Tipo do terreno: C

Acção Sísmica		Tipo 1	Tipo 2
Coefficiente de importância	γ_I	1.45	1.25
Valor de referência de aceleração máxima à superfície de um terreno tipo A	a_{gR}	2.00 m/s ²	1.70 m/s ²
Valor de cálculo de aceleração à superfície de um terreno do tipo A	a_g	2.90 m/s ²	2.13 m/s ²
Coefficiente cujo valor é indicado nos quadros NA-3.2 e NA-3.3	S_{max}	1.6	1.6
Coefficiente de solo	S	1.220	1.375
Período característico no início do ramo de aceleração constante	T_B	0.10	0.10
Período característico no início do ramo de velocidade constante	T_C	0.60	0.25
Período característico no início do ramo de deslocamento constante	T_D	2.00	2.00

Quadro 9. Parâmetros que definem o espectro de resposta horizontal

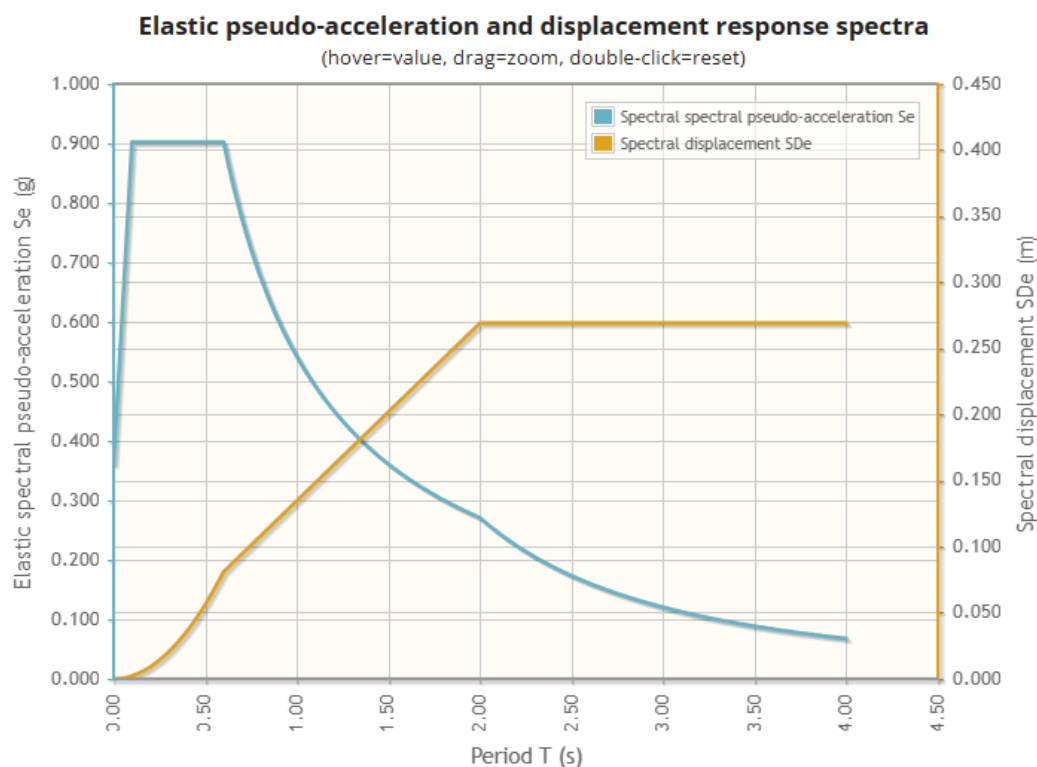


Ilustração 25. Espectro de reposta elástica horizontal para $\xi = 5\%$ (Sismo Tipo 1)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	24 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

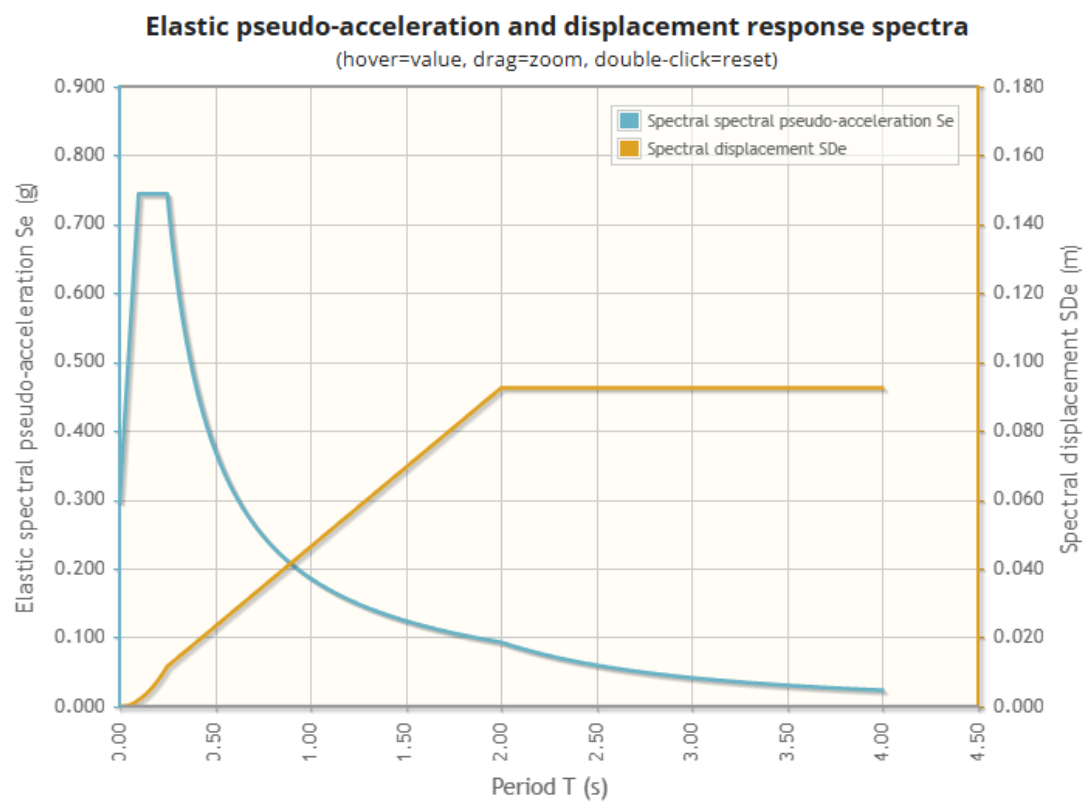


Ilustração 26. Espectro de resposta elástica horizontal para $\xi = 5\%$ (Sismo Tipo 2)

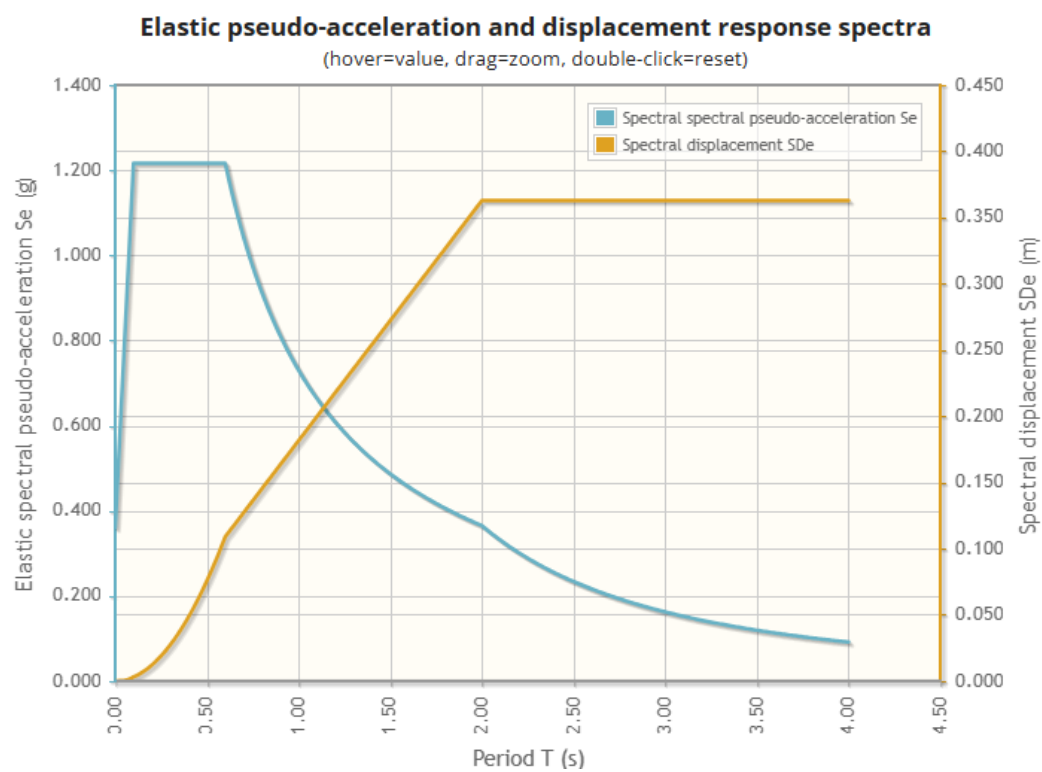


Ilustração 27. Espectro de resposta elástica horizontal para $\xi = 0.5\%$ (Sismo Tipo 1)

Cliente		Empreiteiro EPC		
				
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	25 de 58
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

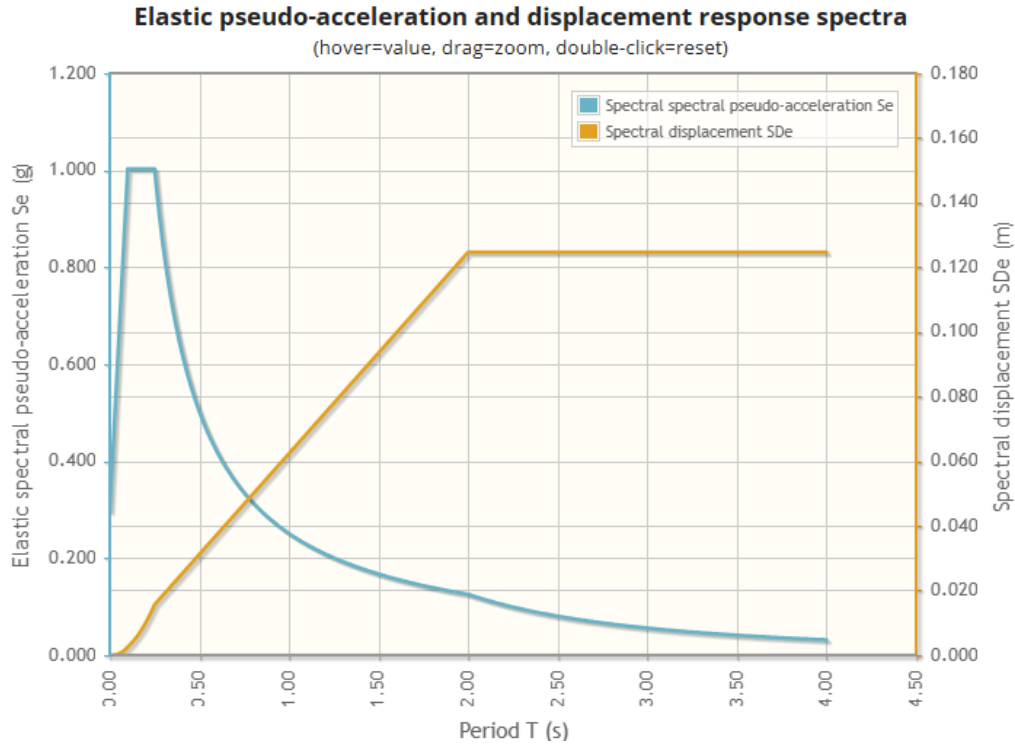


Ilustração 28. Espectro de resposta elástica horizontal para $\xi = 0.5\%$ (Sismo Tipo 2)

3.4.5.2. Espectro de cálculo horizontal:

Fator de desempenho, $q = 1,5$ (em ambas as direções horizontais)

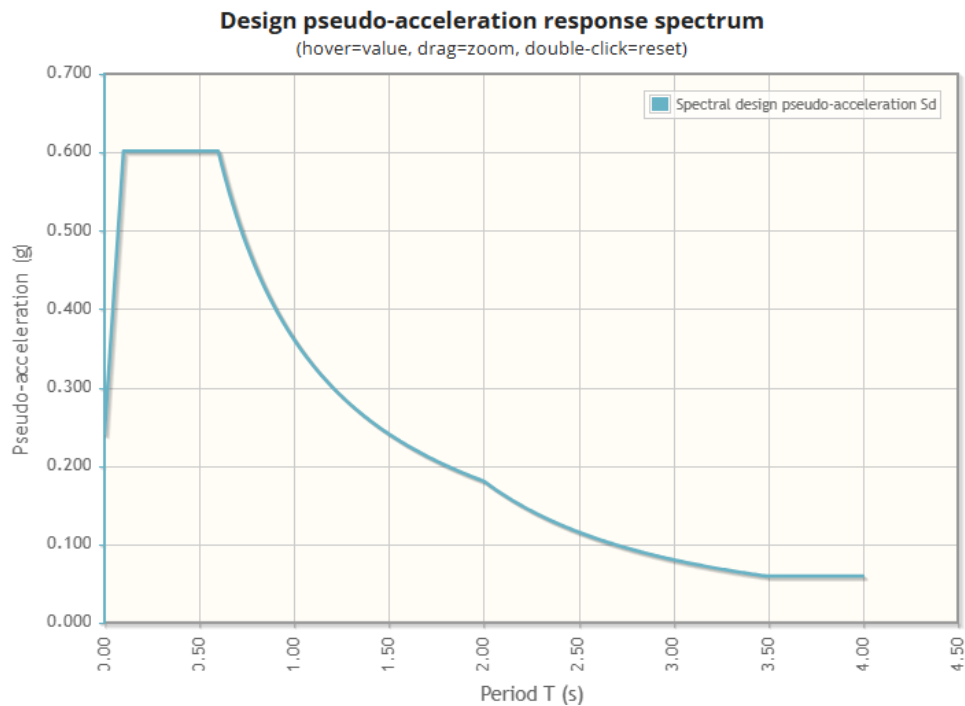


Ilustração 29. Espectro de cálculo horizontal para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 1)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	26 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

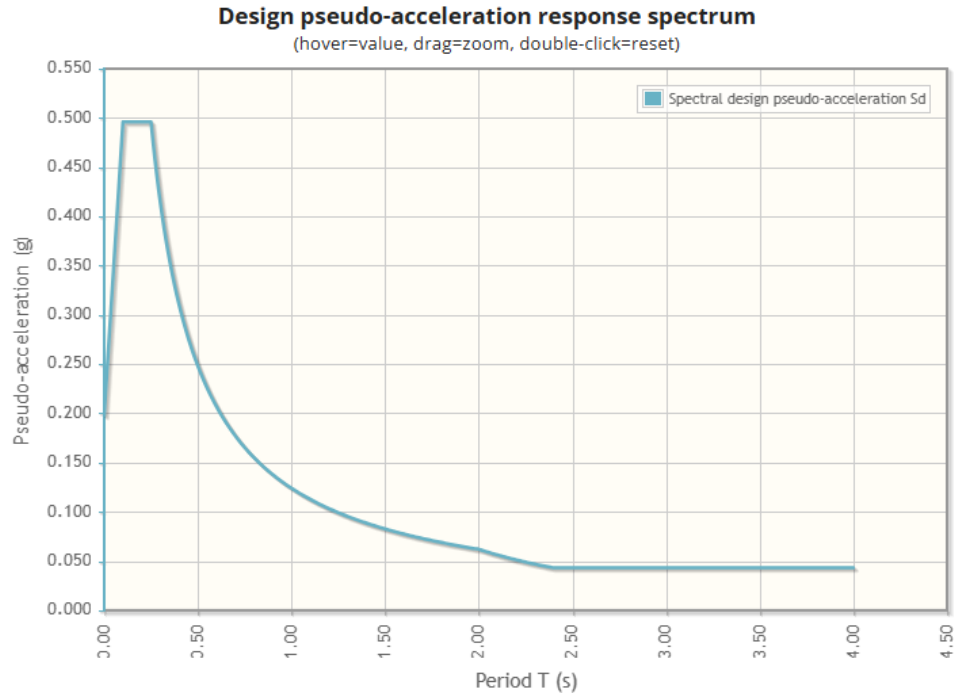


Ilustração 30. Espectro de cálculo horizontal para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 2)

3.4.5.3. Espectro de cálculo vertical:

Fator de desempenho, $q = 1,5$

Acção Sísmica		Tipo 1	Tipo 2
Relação entre a aceleração máxima vertical e horizontal do solo	a_{vg}/a_g	0.75	0.95
Valor de cálculo de aceleração à superfície do terreno na direcção vertical	a_{vg}	2.18 m/s ²	2.02 m/s ²
Período característico no início do ramo de aceleração constante	T_B	0.05	0.05
Período característico no início do ramo de velocidade constante	T_C	0.25	0.15
Período característico no início do ramo de deslocamento constante	T_D	1.00	1.00

Quadro 10. Parâmetros que definem o espectro de resposta vertical

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	27 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

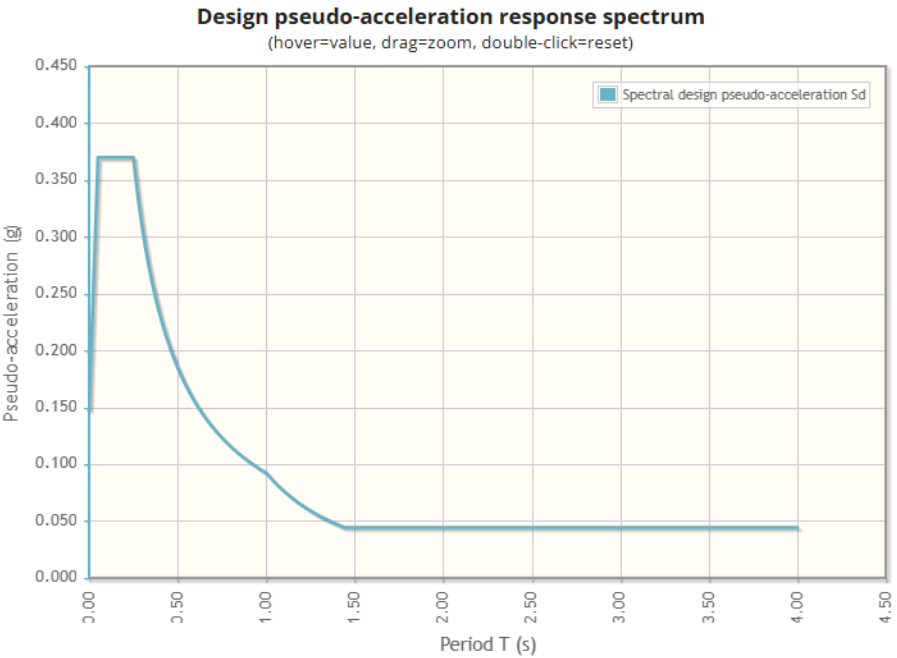


Ilustração 31. Espectro de cálculo vertical para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 1)

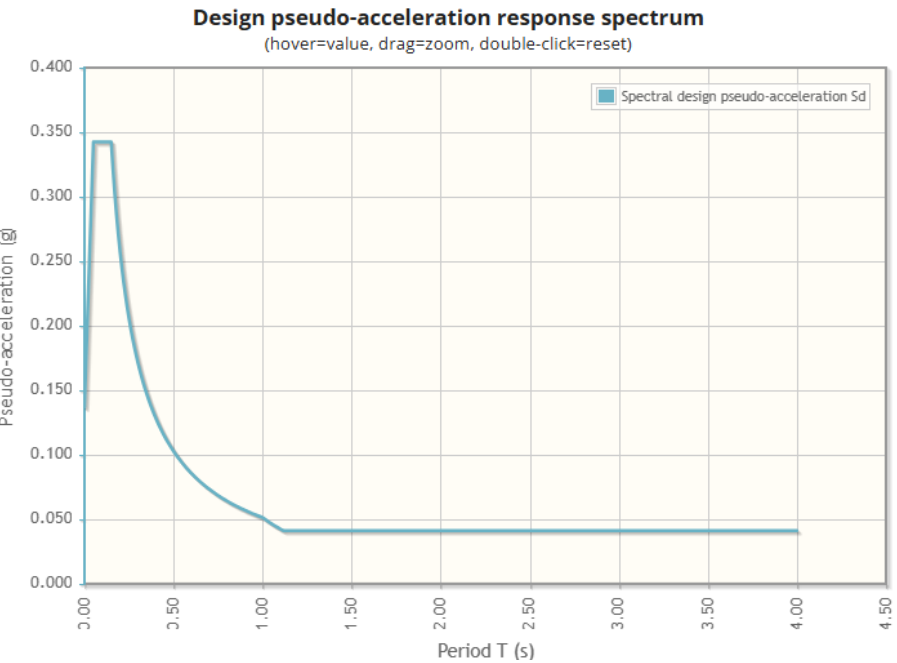


Ilustração 32. Espectro de cálculo vertical para $\xi = 5\%$ e $q = 1,5$ (Sismo Tipo 2)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 28 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.4.5.4. Impulso dinâmico do terreno

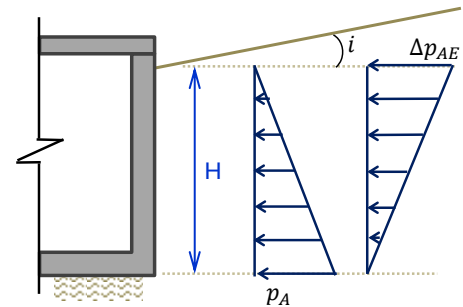
DADOS GERAIS

a.- Geometria

Altura do muro: $H = 6.05 \text{ m}$
 Ângulo de inclinação do aterro com a horizontal: $i = 0.00^\circ$
 Ângulo de inclinação do muro com a vertical: $\beta = 0.00^\circ$

b.- Propriedades do solo

Peso unitário: $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$
 Ângulo de atrito interno: $\phi'_d = 32.01^\circ$
 Ângulo de atrito solo-muro: $\delta_d = 20.74^\circ$



PARÂMETROS DE DESENHO SÍSMICO

Coeficiente sísmico horizontal: $k_h = \alpha S/r = 0.361 \text{ g}$ (EC8-5 Equ. 7.1)
 Coeficiente sísmico vertical: $k_v = 0.5k_h = 0.180 \text{ g}$ (EC8-5 Equ. 7.2)

IMPULSO ESTÁTICO

Coeficiente de impulso ativo (Coulomb):

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cos(\beta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} = 0.264$$

EMPUJE SÍSMICO DEL TERRENO

Coeficiente de impulso ativo em condição dinâmica (Mononobe-Okabe):

$$K_{AE} = \frac{(1 \pm k_v) \cos^2(\phi - \beta - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\beta + \delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i - \theta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

$$1 + k_v = 1.180 \quad \longrightarrow \quad \theta = 17.01^\circ \quad \longrightarrow \quad K_{AE} = 0.610 \quad \text{Gobierna}$$

$$1 - k_v = 0.820 \quad \longrightarrow \quad \theta = 23.76^\circ \quad \longrightarrow \quad K_{AE} = 0.603$$

Incremento dinâmico do impulso ativo: $\Delta P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 (K_{AE} - K_A) = 126.66 \text{ kN/m}$

Pressão dinâmica no topo do muro: $\Delta p_{AE} = \gamma_s H (K_{AE} - K_A) = 41.87 \text{ kN/m}^2$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	29 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

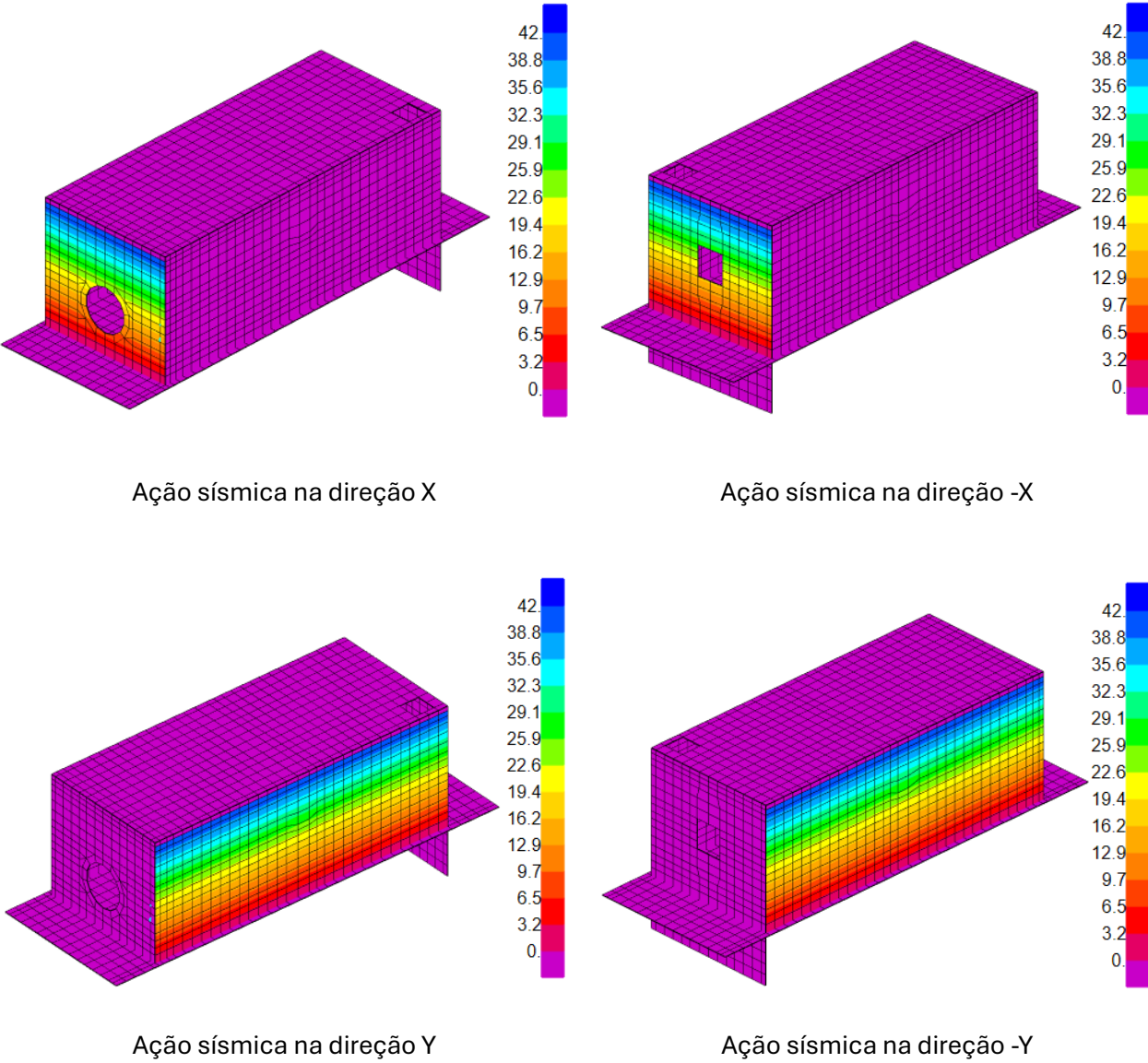


Ilustração 33. Impulso dinâmico do terreno (kN/m²)

Cliente		Empreiteiro EPC			
		  			
Projeto nº.	Projeto		Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve		14/05/2025	01.0	30 de 58
Código AdA			Código ACE		
AL-ACE-3200-CW-CAC-00001			AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

3.4.5.5. Pressões hidrodinâmicas induzidas por Ação sísmica

Factor de desempenho e coeficiente de amortecimento

Para o componente impulsivo: $q_i = 1.50$ $\xi_i = 5.0 \%$ $\eta_i = 1.00$
Para o componente convectivo: $q_c = 1.00$ $\xi_c = 0.5 \%$ $\eta_c = 1.35$

Ação sísmica na direção X

Muro	Dimensões (m)				Pesos (kN/m)			Alturas dos centros de gravidade		Propriedades dinâmicas					Pressões (kN/m²)			
										massas (kg)		Períodos de vibração (s)						
	H _L	H _w	t _w	L	W _L	W _i	W _c	h _i /H _L	h _c /H _L	m _w	m _i	T _i	T _c	T _v	y (m)	p _i	p _c	p _v
Câmara de saída																		
A(1-2)	4.54	5.25	0.50	7.10	322.34	208.27	128.49	0.38	0.62	6692	10619	0.10	3.07	0.09	4.54	3.45	3.78	0.00
															0.00	24.13	0.60	16.78
A'(1-2)	4.54	3.13	1.00	7.10	322.34	208.27	128.49	0.38	0.62	7986	10619	0.10	3.07	0.09	3.13	9.89	2.79	5.23
															0.00	24.13	0.60	16.78
Câmara de entrada																		
A'(1-2)	4.54	3.13	1.00	6.60	299.64	202.49	112.06	0.38	0.63	7986	10324	0.10	2.95	0.09	3.13	9.62	2.70	5.23
															0.00	23.46	0.41	16.78
B(1-2)	4.54	5.25	1.00	6.60	299.64	202.49	112.06	0.38	0.63	13383	10324	0.10	2.95	0.09	4.54	3.35	3.74	0.00
															0.00	23.46	0.41	16.78

Ação sísmica na direção Y

Muro	Dimensões (m)				Pesos (kN/m)			Alturas dos centros de gravidade		Propriedades dinâmicas					Pressões (kN/m²)			
										massas (kg)		Períodos de vibração (s)						
	H _L	H _w	t _w	L	W _L	W _i	W _c	h _i /H _L	h _c /H _L	m _w	m _i	T _i	T _c	T _v	y (m)	p _i	p _c	p _v
Câmara de saída																		
1(A-A')	4.54	5.25	0.50	6.00	272.40	194.20	93.46	0.38	0.65	6692	9901	0.10	2.80	0.09	4.54	3.30	3.67	0.00
															0.00	22.41	0.17	16.78
2(A-A')	4.54	5.25	0.50	6.00	272.40	194.20	93.46	0.38	0.65	6692	9901	0.10	2.80	0.09	4.54	3.30	3.67	0.00
															0.00	22.41	0.17	16.78
Câmara de entrada																		
1(A'-B)	4.54	5.25	0.50	6.00	272.40	194.20	93.46	0.38	0.65	6692	9901	0.10	2.80	0.09	4.54	3.30	3.67	0.00
															0.00	22.41	0.17	16.78
2(A'-B)	4.54	5.25	0.50	6.00	272.40	194.20	93.46	0.38	0.65	6692	9901	0.10	2.80	0.09	4.54	3.30	3.67	0.00
															0.00	22.41	0.17	16.78

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 31 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Pressão impulsiva para o sismo na direção X (Pix):

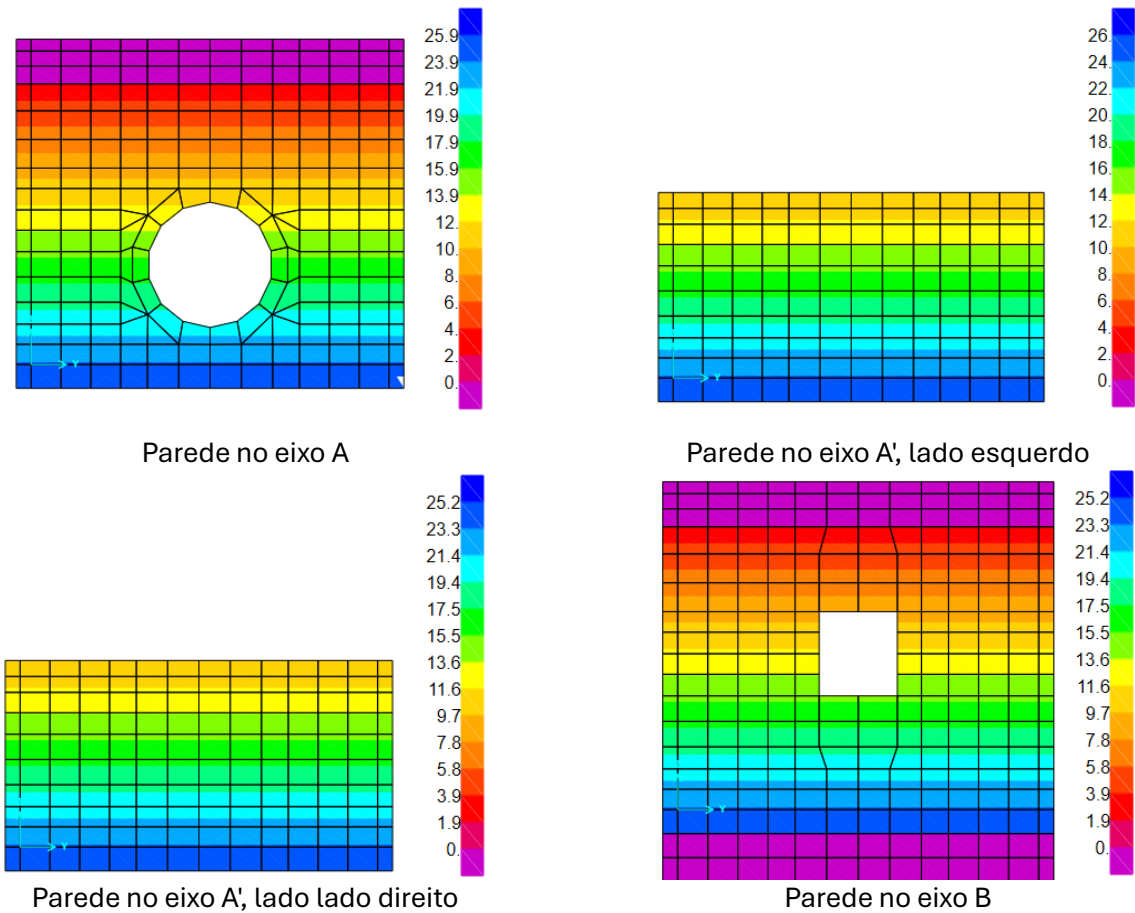


Ilustração 34. Pressão impulsiva para o sismo na direção X (kN/m²)

Pressão impulsiva para o sismo na direção Y (Piy):

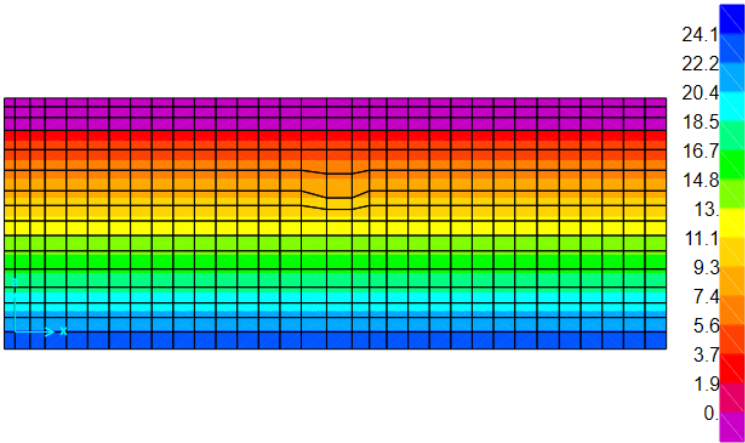


Ilustração 35. Pressão impulsiva para o sismo na direção Y, Paredes nos eixos 1 e 2 (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	32 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Pressão convectiva para o sismo na direção X (Pcx):

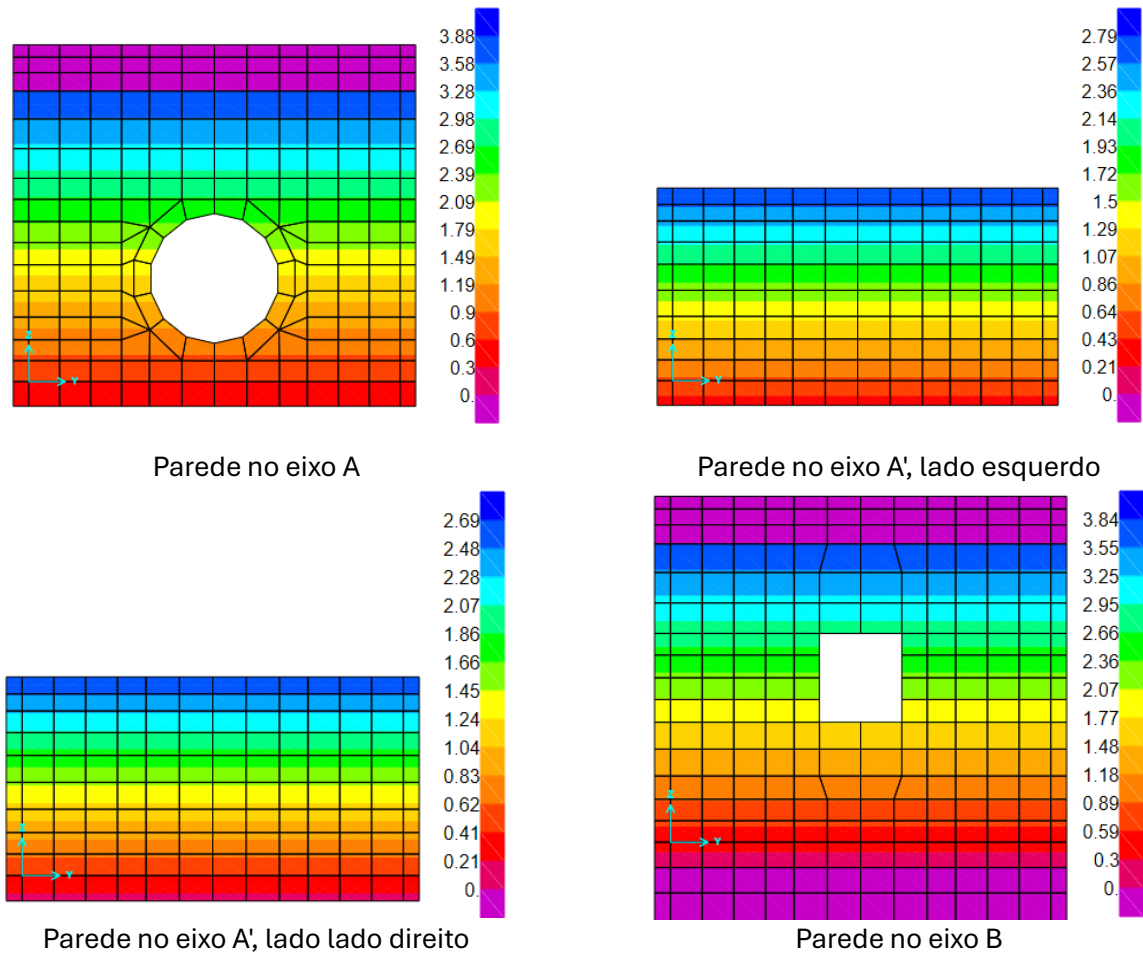


Ilustração 36. Pressão convectiva para o sismo na direção X (kN/m²)

Pressão convectiva para o sismo na direção Y (Pcy):

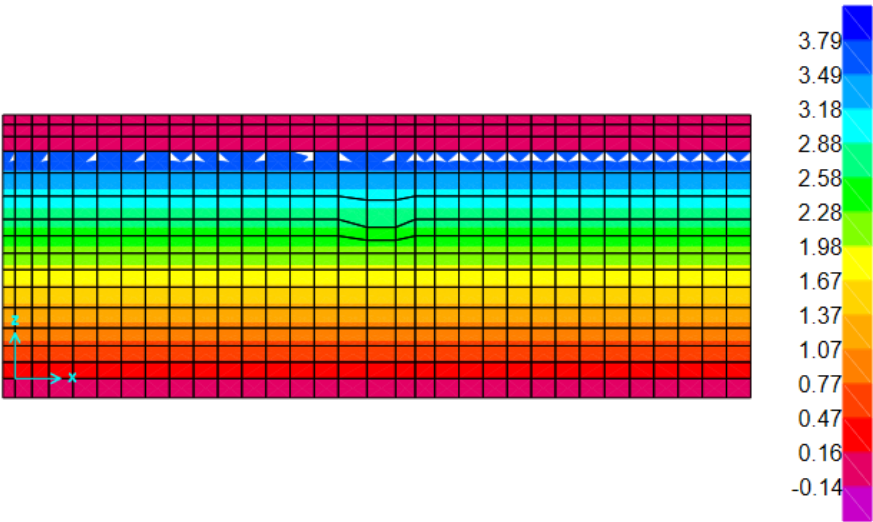


Ilustração 37. Pressão impulsiva para o sismo na direção Y, Paredes nos eixos 1 e 2 (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	33 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Pressão hidrodinâmica para o sismo na direção Z (Pv):

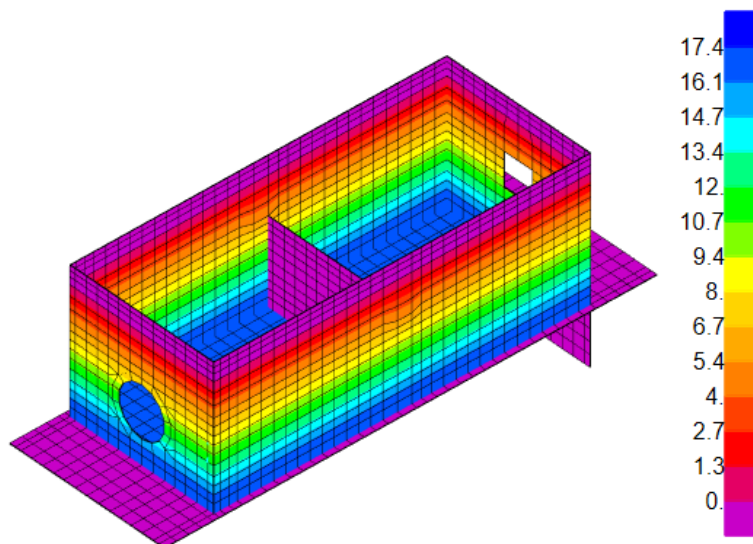


Ilustração 38. Pressão hidrodinâmica para o sismo na direção Z (kN/m²)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	35 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

e.- Coeficientes parciais de segurança

Ação	Símbolo	Set	
		A1	A2
Permanente, desfavorável	$\gamma_{G,desf}$	1.35	1.00
Permanente, favorável	$\gamma_{G,fav}$	1.00	1.00
Cargas impuestas	γ_Q	1.50	1.30

Parâmetro do solo	Símbolo	Set	
		M1 / R1	M2 / R2
$\tan(\varphi)$	γ_φ	1.00	1.25
c_u	γ_{cu}	1.00	1.40
R_h	γ_{Rh}	1.00	1.00
R_v	γ_{Rv}	1.00	1.00

f.- Combinação

DA1-1: A1 + M1 + R1
 DA1-2: A2 + M2 + R1

AÇÕES

a.- Ações permanentes

Peso da parede traseira:	$W_{1,Gk} = \gamma_c B H_w t_{wf} = 919 \text{ kN}$	$x_{c,g,1} = 2.50 \text{ m}$
Peso da parede frontal:	$W_{2,Gk} = \gamma_c B H_w t_{wf} = 459 \text{ kN}$	$x_{c,g,2} = 17.95 \text{ m}$
Peso das paredes laterais:	$W_{3,Gk} = 2\gamma_c (L - L_f - L_r - t_{wf} - t_{wr}) H_w t_{wl} = 1929 \text{ kN}$	$x_{c,g,3} = 10.35 \text{ m}$
Peso da laje de fundação:	$W_{4,Gk} = \gamma_c (B + 2L_L) LD = 2828 \text{ kN}$	$x_{c,g,4} = 10.10 \text{ m}$
Peso do dentelho:	$W_{5,Gk} = \gamma_c B D_{de} t_{de} = 350 \text{ kN}$	$x_{c,g,5} = 3.50 \text{ m}$
Peso do solo sobre o balanço frontal:	$W_{6,Gk} = \gamma_{s,k} B' L_f (H_f - D) = 1470 \text{ kN}$	$x_{c,g,6} = 19.20 \text{ m}$
Peso do solo sobre o balanço traseiro:	$W_{7,Gk} = \gamma_{s,k} B' L_r (H_r - D) = 1190 \text{ kN}$	$x_{c,g,7} = 1.00 \text{ m}$
Peso do solo sobre o balanço laterais:	$W_{8,Gk} = 2\gamma_{s,k} L_L (H_f - D) = 0 \text{ kN}$	$x_{c,g,8} = 10.10 \text{ m}$
Peso do bloco de reação:	$W_{9,Gk} = 1146 \text{ kN}$	$x_{c,g,9} = 3.89 \text{ m}$
Peso total:	$W_{Gk} = W_{1,Gk} + W_{i,Gk} \dots + W_{n,Gk} = 10291 \text{ kN}$	$x_{c,g} = 9.15 \text{ m}$

b.- Empuxos do Terreno

Coeficientes de empuxo e pressões:

DA1-1									
Z (m)	$\tan(\varphi_k) / \gamma_\varphi$	φ_d (°)	c_{ud} (kN/m ²)	$K_{a,d}$	$K_{0,d}$	$K_{p,d}$	$\sigma_{a,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{0,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{p,d}$ (kN/m ²)
0	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	0.00	0.00	0.00
1	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	4.77	0.00	0.00
2	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	9.54	7.69	83.59
3	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	14.32	15.37	167.17
4	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	19.09	23.06	250.76
6.05	0.78	38.00	0.00	0.24	0.38	4.18	28.87	38.82	422.11
6.05	0.90	42.00	0.00	0.20	0.33	5.02	26.46	36.76	557.40
7.05	0.90	42.00	0.00	0.20	0.33	5.02	30.83	44.04	667.78
8.05	0.90	42.00	0.00	0.20	0.33	5.02	35.20	51.32	778.16

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	36 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

DA1-2									
Z (m)	$\tan(\varphi_k) / \gamma_\varphi$	φ_d (°)	C_{ud} (kN/m ²)	$K_{a,d}$	$K_{0,d}$	$K_{p,d}$	$\sigma_{a,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{0,d}$ (kN/m ²)	$\sigma_{p,d}$ (kN/m ²)
0	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	0.00	0.00	0.00
1	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	6.17	0.00	0.00
2	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	12.33	9.40	64.68
3	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	18.50	18.80	129.37
4	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	24.67	28.20	194.05
6.05	0.63	32.01	0.00	0.31	0.47	3.23	37.31	47.47	326.65
6.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	35.02	46.16	421.08
7.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	40.81	55.31	504.47
8.05	0.72	35.77	0.00	0.26	0.42	3.79	46.60	64.45	587.85

Empuxo ativo (muro frontal):

DA1-1						
Z (m)	$Z_{Eah,d}$ (m)	$h_{Eah,d}$ (m)	$E_{a,d}$ (kN)	$E_{ah,d}$ (kN)	$E_{av,d}$ (kN)	$M_{Eah,d}$ (kN-m)
0	0.00	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	5.55	16.70	16.68	0.87	92.58
2	1.50	4.55	50.11	50.04	2.62	227.69
3	2.50	3.55	83.52	83.40	4.37	296.08
4	3.50	2.55	116.92	116.76	6.12	297.75
6.05	5.03	1.03	344.13	343.66	18.01	352.25
6.05	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
Total =			611.38	610.55	32.00	1266.34

DA1-2						
Z (m)	$Z_{Eah,d}$ (m)	$h_{Eah,d}$ (m)	$E_{a,d}$ (kN)	$E_{ah,d}$ (kN)	$E_{av,d}$ (kN)	$M_{Eah,d}$ (kN-m)
0	0.00	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	5.55	21.58	21.55	1.13	119.63
2	1.50	4.55	64.75	64.66	3.39	294.22
3	2.50	3.55	107.92	107.77	5.65	382.60
4	3.50	2.55	151.09	150.88	7.91	384.75
6.05	5.03	1.03	444.69	444.08	23.27	455.19
6.05	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
Total =			790.04	788.96	41.35	1636.39

$$\begin{aligned}
 E_{ah,d} &= \begin{cases} 611 \text{ kN} \\ 789 \text{ kN} \end{cases} & h_{Eah,d} &= \begin{cases} 2.07 \text{ m} \\ 2.07 \text{ m} \end{cases} & M_{Eah,d} &= \begin{cases} 1266 \text{ kN-m} \\ 1636 \text{ kN-m} \end{cases} & & \begin{matrix} \text{DA1-1} \\ \text{DA1-2} \end{matrix} \\
 E_{av,d} &= \begin{cases} 32 \text{ kN} \\ 41 \text{ kN} \end{cases} & X_{Eah,d} = L &= \begin{cases} 20.20 \text{ m} \end{cases} & M_{Eav,d} &= \begin{cases} 646 \text{ kN-m} \\ 835 \text{ kN-m} \end{cases} & & \begin{matrix} \text{DA1-1} \\ \text{DA1-2} \end{matrix}
 \end{aligned}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	37 de 58
Código AdA		Código ACE		
AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

• Empuxo passivo (muro de reação):

DA1-1						
Z (m)	Z _{Eph,d} (m)	h _{Eph,d} (m)	E _{p,d} (kN)	E _{ph,d} (kN)	E _{pv,d} (kN)	M _{Eph,d} (kN-m)
0	0.00	5.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.50	3.55	292.55	292.15	-15.31	1037.13
3	2.50	2.55	877.65	876.45	-45.93	2234.95
4	3.50	1.55	1462.76	1460.75	-76.55	2264.16
6.05	5.03	0.02	4827.83	4821.21	-252.67	120.53
6.05	6.05	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.05	6.55	-1.50	4288.15	4282.27	-224.42	-6423.41
8.05	7.55	-2.50	5060.79	5053.86	-264.86	-12634.64
Total =			16809.73	16786.69	-879.75	-13401.27

DA1-2						
Z (m)	Z _{Eph,d} (m)	h _{Eph,d} (m)	E _{p,d} (kN)	E _{ph,d} (kN)	E _{pv,d} (kN)	M _{Eph,d} (kN-m)
0	0.00	5.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.50	3.55	226.39	226.08	-11.85	802.60
3	2.50	2.55	679.18	678.25	-35.55	1729.54
4	3.50	1.55	1131.97	1130.42	-59.24	1752.15
6.05	5.03	0.02	3736.06	3730.94	-195.53	93.27
6.05	6.05	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.05	6.55	-1.50	3239.43	3234.99	-169.54	-4852.49
8.05	7.55	-2.50	3823.11	3817.87	-200.09	-9544.68
Total =			12836.15	12818.56	-671.79	-10019.62

$$\begin{aligned}
 E_{ph,d} &= \begin{cases} 16787 \text{ kN} \\ 12819 \text{ kN} \end{cases} & h_{Eph,d} &= \begin{cases} -0.80 \text{ m} \\ -0.78 \text{ m} \end{cases} & M_{Eph,d} &= \begin{cases} -13401 \text{ kN-m} & \text{DA1-1} \\ -10020 \text{ kN-m} & \text{DA1-2} \end{cases} \\
 E_{pv,d} &= \begin{cases} -880 \text{ kN} \\ -672 \text{ kN} \end{cases} & X_{Eph,d} &= \begin{cases} 0.00 \text{ m} \end{cases} & M_{Epv,d} &= \begin{cases} 0 \text{ kN-m} & \text{DA1-1} \\ 0 \text{ kN-m} & \text{DA1-2} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Empuxo em repouso e força de atrito nos muros laterais:

DA1-1								
Z (m)	Z _{Eh,d} (m)	h _{RL,d} (m)	$\tan(\varphi'_{cv,k}) / \gamma_\varphi$	δ_{df} (°)	E _{Oh,d} (kN)	R _{L,d} (kN)	M _{RL,d} (kN-m)	
0	0.00	5.05	0.62	21.33	0.00	0.00	0.00	
1	0.50	4.55	0.62	21.33	0.00	0.00	0.00	
2	1.50	3.55	0.62	21.33	62.26	24.32	86.33	
3	2.50	2.55	0.62	21.33	186.79	72.95	186.03	
4	3.50	1.55	0.62	21.33	311.31	121.59	188.46	
6.05	5.03	0.02	0.62	21.33	1027.49	401.29	10.03	
6.05	6.05	-1.00	0.65	22.00	0.00	0.00	0.00	
-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	
Total =					1587.86	620.14	470.84	

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 38 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

DA1-2							
Z (m)	Z _{Eh,d} (m)	h _{RL,d} (m)	$\tan(\varphi'_{cv,k}) / \gamma_\phi$	δ_{df} (°)	E _{0h,d} (kN)	R _{L,d} (kN)	M _{RL,d} (kN-m)
0	0.00	5.05	0.50	17.71	0.00	0.00	0.00
1	0.50	4.55	0.50	17.71	0.00	0.00	0.00
2	1.50	3.55	0.50	17.71	76.14	24.31	86.30
3	2.50	2.55	0.50	17.71	228.41	72.93	185.96
4	3.50	1.55	0.50	17.71	380.69	121.54	188.39
6.05	5.03	0.02	0.50	17.71	1256.46	401.15	10.03
6.05	6.05	-1.00	0.52	18.30	0.00	0.00	0.00
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
Total =					1941.69	619.93	470.68

$$R_{L,d} = \begin{cases} 620 \text{ kN} \\ 620 \text{ kN} \end{cases} \quad h_{RL,d} = \begin{cases} 0.76 \text{ m} \\ 0.76 \text{ m} \end{cases} \quad M_{RL,d} = \begin{cases} 471 \text{ kN-m} & \text{DA1-1} \\ 471 \text{ kN-m} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

c.- Ações de dimensionamento

$$\text{Força horizontal:} \quad H_d = \gamma_Q F_{h,Qk} + \gamma_G E_{ah,d} = \begin{cases} 21392 \text{ kN} & \text{DA1-1} \\ 18614 \text{ kN} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

$$\text{Força vertical:} \quad V_d = \gamma_G W_{Gk} - \gamma_Q F_{v,Qk} + \gamma_G E_{av,d} + E_{pv,d} = \begin{cases} 11885 \text{ kN} & \text{DA1-1} \\ 8645 \text{ kN} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO (ELU)

$$\text{Resistência passiva de cálculo:} \quad R_{p,d} = E_{ph,d} = \begin{cases} 16787 \text{ kN} & \text{DA1-1} \\ 12819 \text{ kN} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

$$\text{Ângulo de atrito de cálculo fundação-solo:} \quad \delta_{f,d} = \text{atan}\left(\frac{\tan \varphi'_{cv,k}}{\gamma_\phi}\right) = \begin{cases} 32.00^\circ & \text{DA1-1} \\ 26.56^\circ & \text{DA1-2} \end{cases}$$

$$\text{Resistência de cálculo ao atrito:} \quad R_d = \frac{V_d \tan(\delta_{d,f})}{\gamma_{Rh}} + 2R_{L,d} = \begin{cases} 8667 \text{ kN} & \text{DA1-1} \\ 5562 \text{ kN} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

$$\text{Resistência de cálculo ao deslizamento:} \quad R_d + R_{p,d} = \begin{cases} 25454 \text{ kN} & \text{DA1-1} \\ 18380 \text{ kN} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

$$\text{Fator de utilização:} \quad \frac{H_d}{R_d + R_{p,d}} = \begin{cases} 0.84 < 1.00 & \text{DA1-1} \\ 1.01 > 1.00 & \text{DA1-2} \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{o.k.} \\ \text{aceitável} \end{matrix}$$

ESTABILIDADE AO VOLCAMENTO:

Momento de volcamento (desestabilizador):

$$M_{Qd,dst} = \gamma_Q [F_{h,Qk} h_{Qk} + F_{v,Qk} (t_w + L_r)] + \gamma_G M_{Eah,d} - \gamma_G M_{Eav,d} = \begin{cases} 56799 \text{ kN-m} & \text{DA1-1} \\ 49302 \text{ kN-m} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 39 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Momento estabilizador proveniente do peso total da estrutura:

$$M_{Gd,est} = \gamma_{G, fav} W_{Gk} X_{c.g} = 94164 \text{ kN-m}$$

Momento estabilizador gerado pelo empuxo passivo e pelo atrito lateral:

$$M_{R,est} = M_{Eph,d} - M_{Epv,d} + 2M_{RL,d} = \begin{cases} -12460 \text{ kN-m} & \text{DA1-1} \\ -9078 \text{ kN-m} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

Fator de segurança ao volcamento:

$$FS = \frac{M_{Gd,est} + M_{R,est}}{M_{Qd,dst}} = \begin{cases} 1.44 & > & 1.00 & \text{o.k.} & \text{DA1-1} \\ 1.73 & > & 1.00 & \text{o.k.} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

PRESSÃO NA FUNDAÇÃO (ELU)

Excentricidade:

$$x = \frac{(M_{Gd,est} + M_{R,est}) - M_{Qd,dst}}{V_d} = \begin{cases} 2.10 \text{ m} \\ 4.14 \text{ m} \end{cases} \quad \text{-----} \rightarrow \quad e_d = 0.5L - x = \begin{cases} 8.00 \text{ m} & \text{DA1-1} \\ 5.96 \text{ m} & \text{DA1-2} \end{cases}$$

Comprimento efetivo: $L'_d = L - 2e_d = \begin{cases} 4.19 \text{ m} \\ 8.28 \text{ m} \end{cases}$

Pressão de contacto: $\sigma_{v,d} = \frac{V_d}{(B + 2L_l)L'_d} = \begin{cases} 405.11 \text{ kN/m}^2 \\ 149.19 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$

Capacidade portante de cálculo: $q_{Rv,d} = \frac{\sigma_{Rv,k}}{\gamma_{Rv}} = \begin{cases} 540.00 \text{ kN/m}^2 & > & 405.11 \text{ kN/m}^2 & \text{o.k.} \\ 540.00 \text{ kN/m}^2 & > & 149.19 \text{ kN/m}^2 & \text{o.k.} \end{cases}$

DESLOCAMENTO HORIZONTAL (ELS)

- Método de Mokwa y Duncan, 2000

Resistência passiva característica: $P_{ult} = E_{p,k} = 16787 \text{ kN}$

Força vertical característica: $V_k = W_{Gk} - F_{v,Qk} + E_{av,k} + E_{pv,k} = 8662 \text{ kN}$

Resistência característica ao atrito: $R_k = V_k \tan(\delta_{k,f}) + 2R_{L,k} = 6653 \text{ kN}$

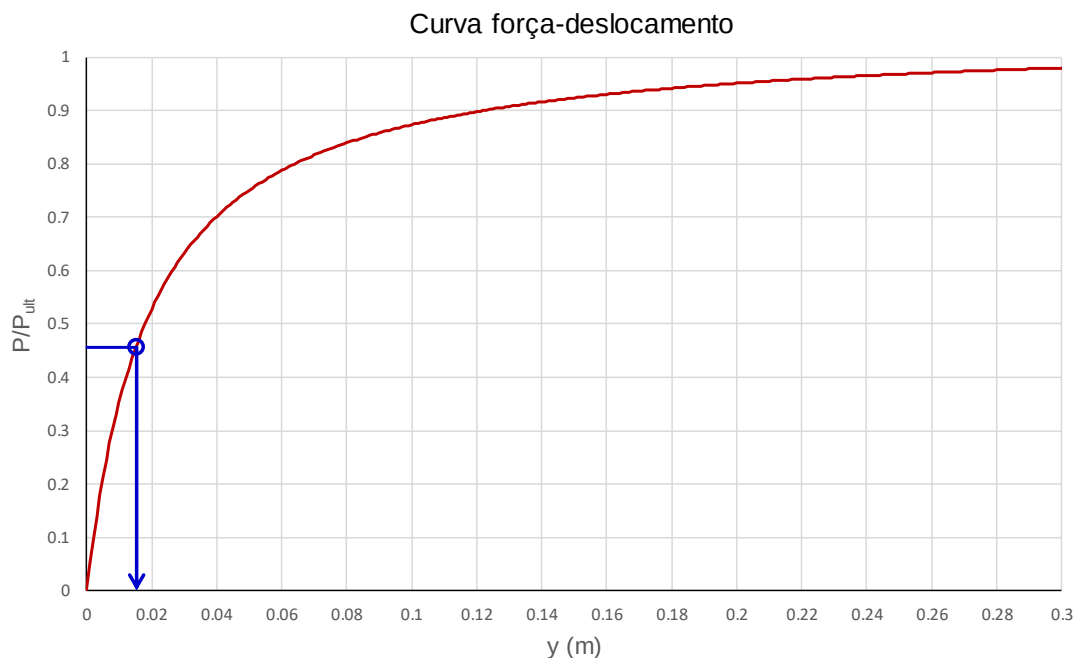
Força horizontal característica: $H_k = F_{h,Qk} + E_{ah,k} = 14322 \text{ kN}$

Força horizontal a transferir como empuxo passivo para o terreno: $P = H_k - R_k = 7669 \text{ kN}$

Curva de mobilização da resistência passiva:

$$P = \frac{y}{\left[\frac{1}{K_{max}} + R_f \left(\frac{y}{P_{ult}} \right) \right]} \quad \begin{matrix} K_{max} = 898745 \text{ kN/m} \\ R_f = 0.96 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{(Rigidez inicial, calculada segundo Douglas et al., 1964)} \\ = 1 - P_{ult} / (P_{max} K_{max}) \end{matrix}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 40 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		



Deslocamento esperado durante o pipe jacking:

$$P/P_{ult} = 0.46 \quad \text{-----} \rightarrow \quad y = 0.0152 \text{ m} \quad (15.17 \text{ mm})$$

4.2. Assentamentos máximo

Módulo de reação vertical Z do solo 10800 kN/m^3

O assentamento foi limitado a 50 mm

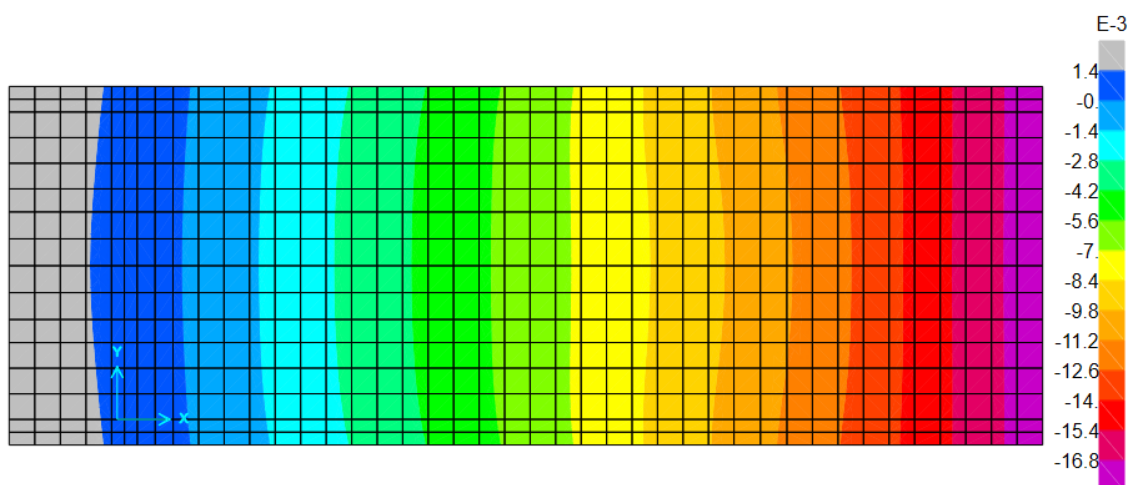


Ilustração 39. Assentamentos para estados limites de utilização (ELS)

Assentamentos máximo para condição ELS = 16,80 mm $\rightarrow$ ok.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 41 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.3. Tensão máxima

Capacidade de carga limite do terreno para a condição ELU = 540 kN/m²

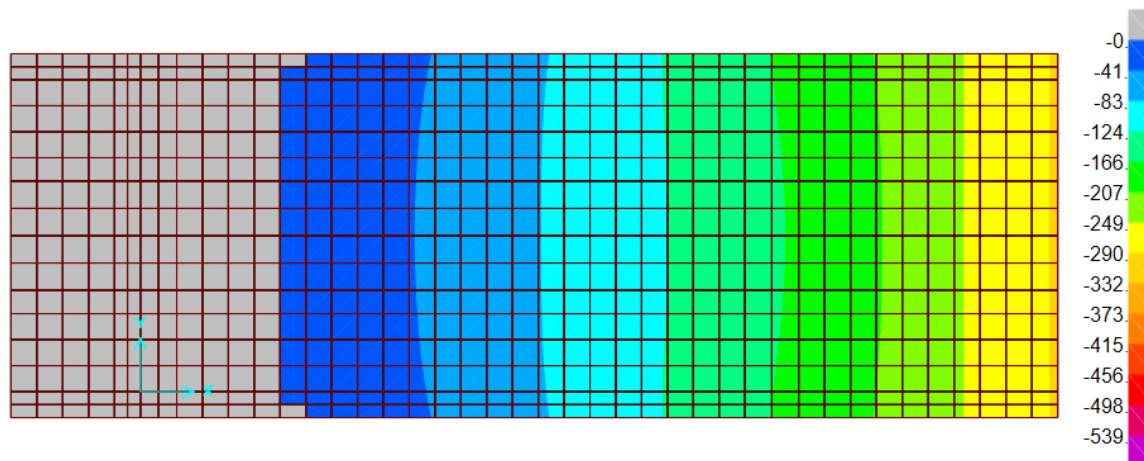


Ilustração 40. Tensão máxima (Durante o processo de cravação do tubo)

Pressão máxima sobre o terreno para a condição ELU = 295 kN/m² → ok.

4.4. Deslocamento máximo durante ou pipe jacking (ELS)

Deslocamento horizontal máximo permitido = 20 mm

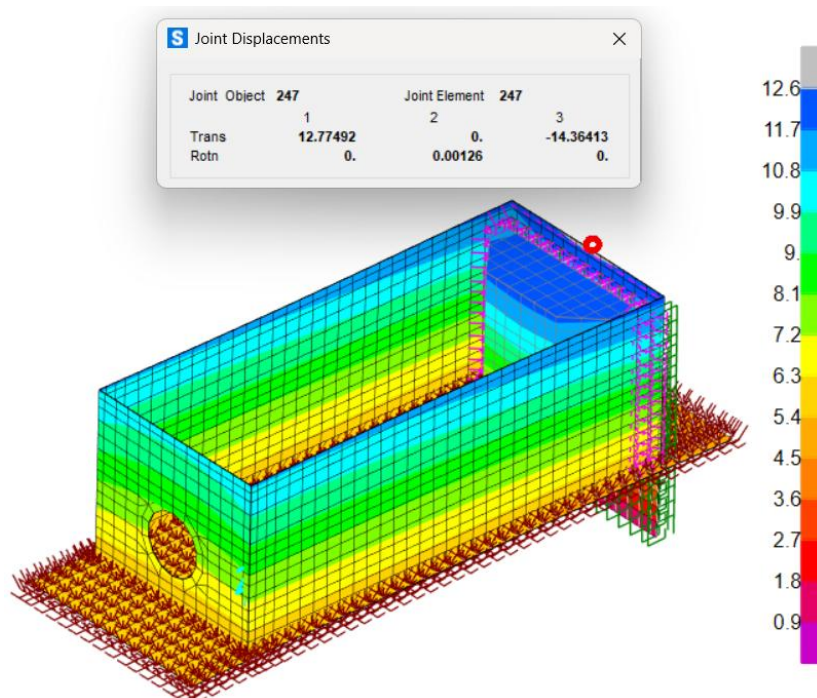


Ilustração 41. Deslocamento horizontal

Deslocamento máximo esperado durante ou pipe jacking = 12,77 mm → ok.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	42 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.5. Armaduras de reforço, verificação por esforços cortantes e fissuração

4.5.1. Lajes de fundação espessura 80 cm

Momentos máximos M11:

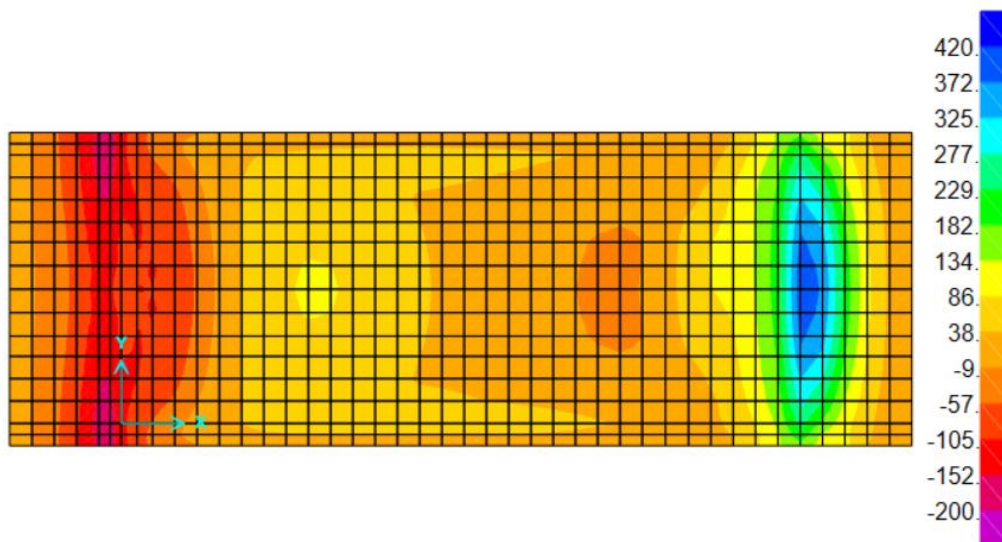


Ilustração 42. Momentos máximos M11 - Lajes de fundação (kN-m/m)

Momentos máximos M22:

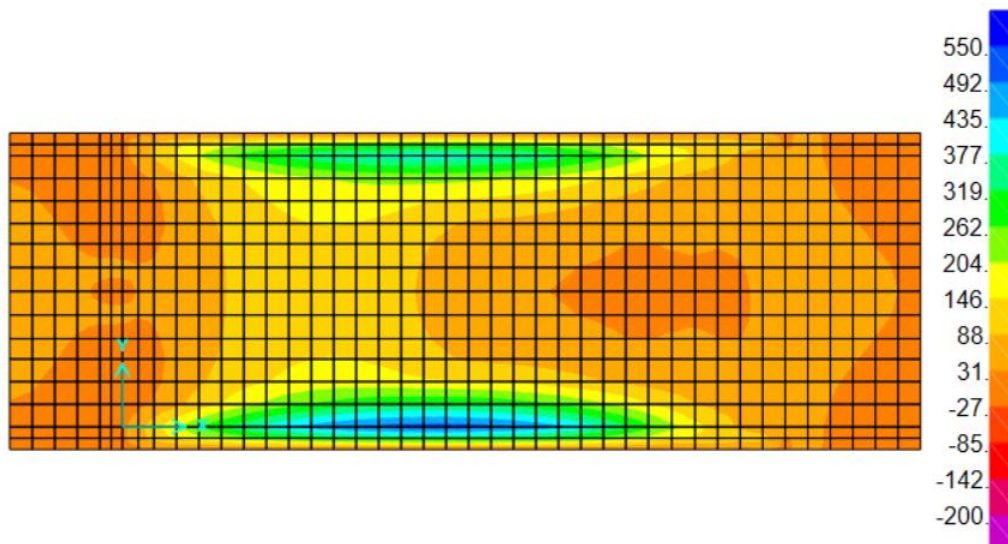


Ilustração 43. Momentos máximos M22 - Lajes de fundação (kN-m/m)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 43 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.5.1.1. Armaduras:

Minimum area of reinforcement: $A_{s,min} = 0.0018 bd$

$$A_{s,min} = 0.26(f_{ctm}/f_{yk})b_t d \geq 0.0013b_t d$$

(EC2 Eq. 9.10)

$$\text{For } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 0.30f_{ck}^{(2/3)}$$

$$\text{For } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 2.12 \ln[1 + (f_{ck} + 8 \text{ MPa})/10]$$

$$f_{ctm} = 3.51 \text{ MPa}$$

(EC2 Tab. 3.1)

Maximum area of reinforcement: $A_{s,max} = 0.04 A_c = 32000 \text{ mm}^2$

Armatura superior direção X

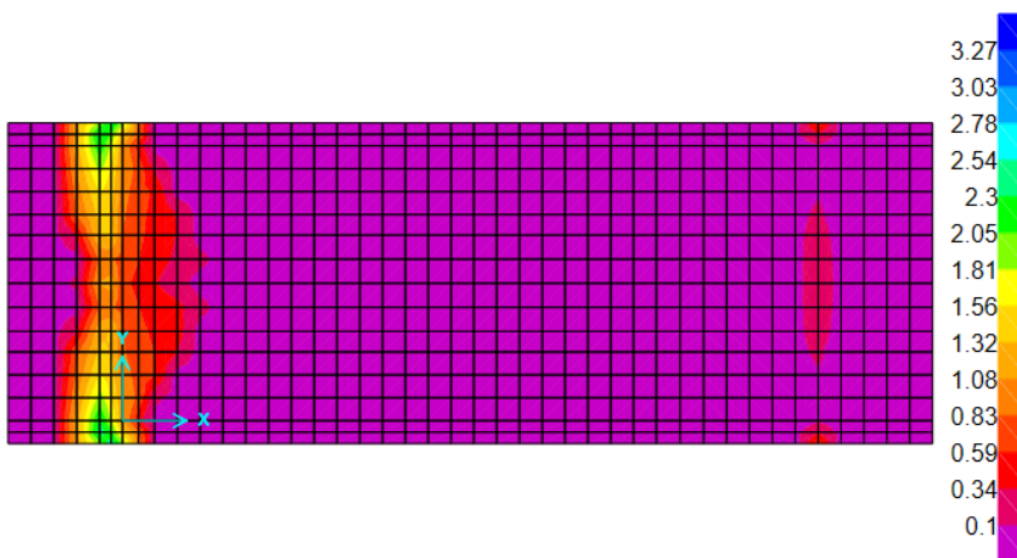


Ilustração 44. Armatura superior direção X - Lajes de fundação (mm²/mm)

Armatura superior direção Y

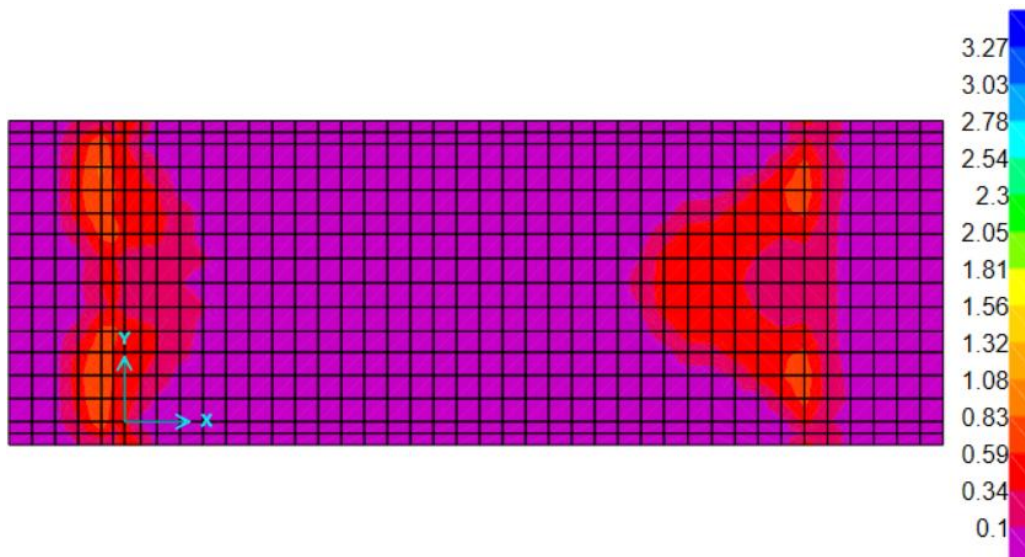


Ilustração 45. Armatura superior direção Y - Lajes de fundação (mm²/mm)

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 44 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Armadura inferior direção X

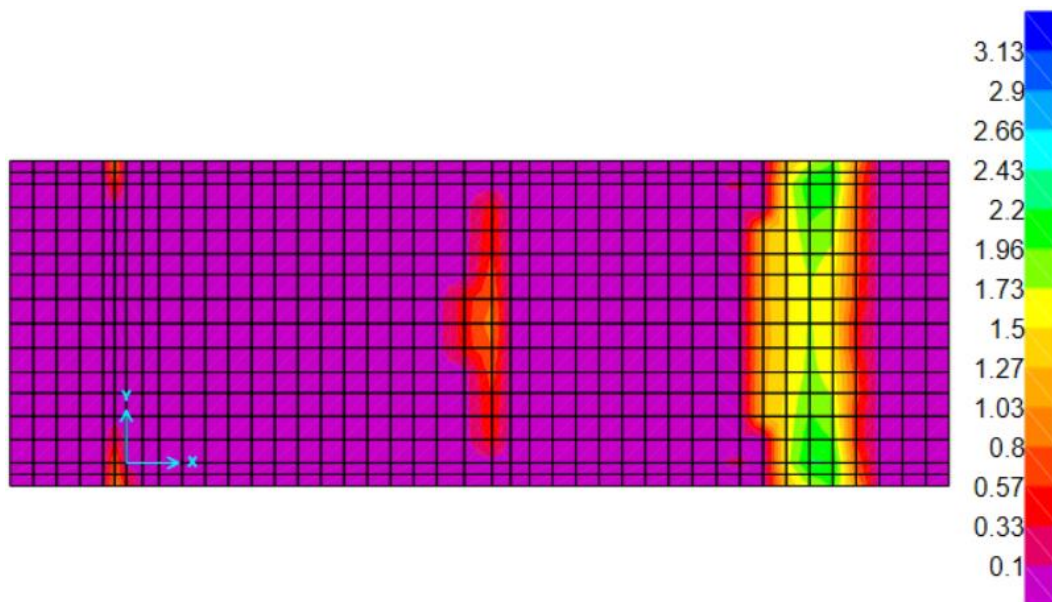


Ilustração 46. Armadura inferior direção X - Lajes de fundação (mm²/mm)

Armadura inferior direção Y

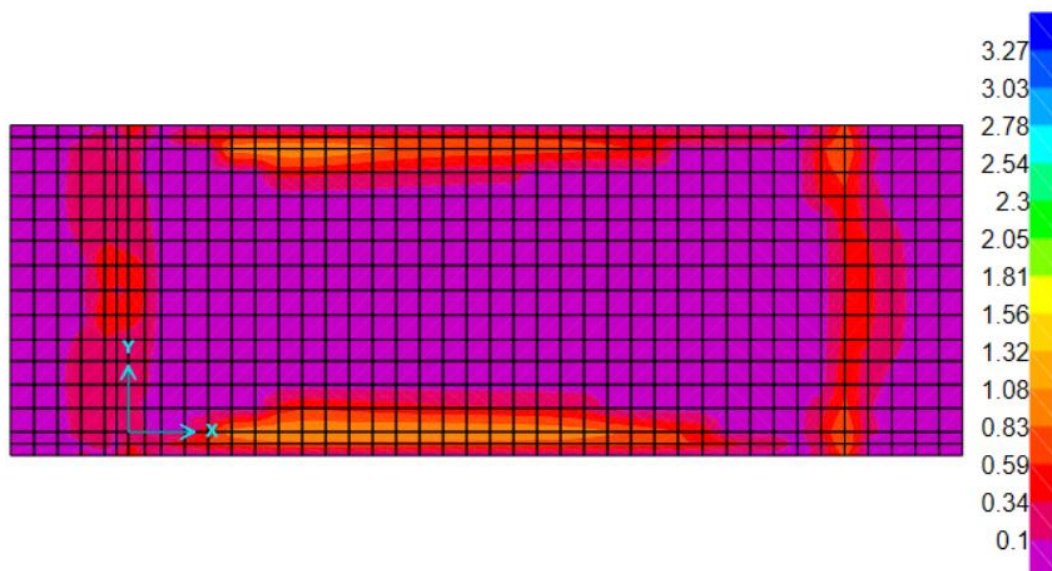


Ilustração 47. Armadura inferior direção Y - Lajes de fundação (mm²/mm)

Aço de reforço real colocado

Armadura longitudinal

Φ25@150mm (Em ambos os sentidos, superior e inferior)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 45 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.5.1.2. Verificação do esforço cortante máximo

Esforço cortante V13

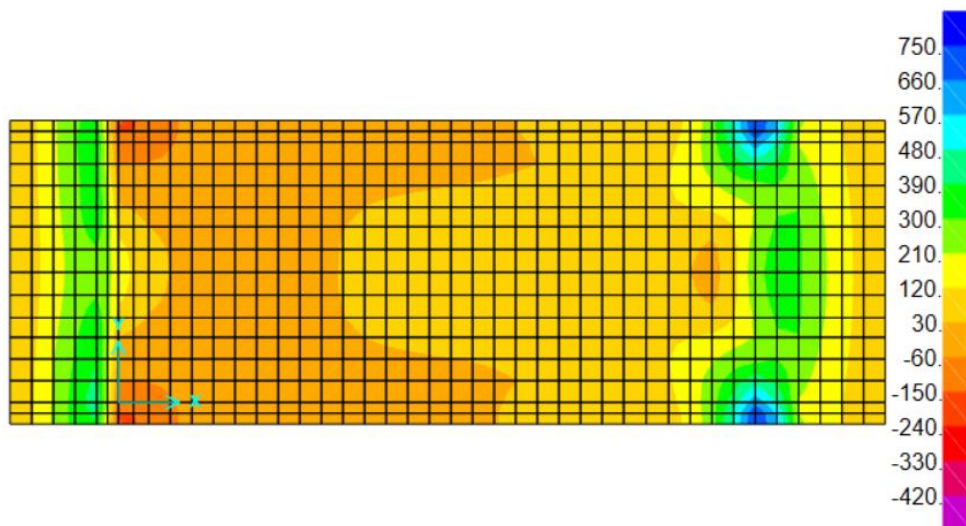


Ilustração 48. Esforço cortante V13 - Lajes de fundação (kN/m)

Esforço cortante V23

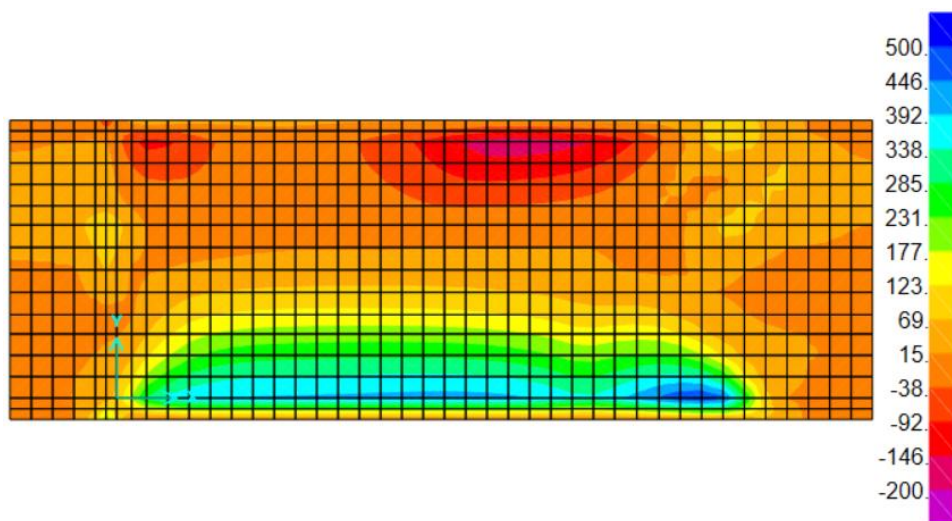


Ilustração 49. Esforço cortante V23 - Lajes de fundação (kN/m)

- Shear resistance without reinforcement

$$V_{Rd,c} = \max\left\{ \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right], (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \right\} b d \quad (\text{EC2 Eq. 6.2.a \& 6.2.b})$$

Where: $C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.12$

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

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / b d < 0.2 f_{cd} \quad (N_{Ed} > 0 \text{ for compression})$$

$$v_{min} = 0.035 (k^{3/2}) (f_{ck}^{1/2}) \quad (\text{EC2 Eq. 6.3N})$$

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	46 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b z [0.6(1 - f_{ck}/250)] f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \geq V_{Ed} \quad (\text{EC2 Eq. 6.9 \& 6.6N})$$

$$\text{For } \theta = 21.8^\circ, \quad \cot \theta = 2.5 \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} (2.5) = (4.63 \text{ MPa}) b z$$

$$\text{For } \theta = 45^\circ, \quad \cot \theta = 1.0 \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} (1.0) = (6.72 \text{ MPa}) b z$$

$$\text{If } V_{Ed} < V_{Rd,max} (2.5) \quad \longrightarrow \quad \theta = 21.8^\circ$$

$$\text{If } V_{Ed} < V_{Rd,max} (1.0) \quad \longrightarrow \quad \theta = 0.5 \sin^{-1} \left[\frac{V_{Ed} / b z}{0.2 f_{ck} (1 - f_{ck} / 250)} \right]$$

- Required Shear Reinforcement

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \cot \theta} \quad (\text{EC2 Eq. 6.8})$$

Where: $z = 0.9d$

$$f_{ywd} = f_{ywk} / \gamma_s = 434.78 \text{ MPa} \quad (\text{EC2 § 3.2})$$

Minimum area of shear reinforcement:

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} b = 1011.93 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\text{EC2 Eq. 9.5N})$$

- Shear strength in 13 direction

$$d = 737.50 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad \rho_{l1}^+ = A_{s,1}^+ / b d = 0.004 \quad \longrightarrow \quad k = 1.52 \quad \longrightarrow \quad v_{min} = 0.42 \text{ MPa}$$

Case of maximum axial load:

$$N_{Ed,1} = -167.93 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \sigma_{cp,1} = -0.23 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c13} = 325.88 \text{ kN} < V_{Ed,13} = 395.16 \text{ kN} \quad \text{Shear reinforcement is required}$$

$$\theta = 21.80^\circ \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} = 3075.98 \text{ kN} < V_{Ed,13} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw1} / s = 547.68 \text{ mm}^2/\text{m}$$

- Shear strength in 23 direction

$$d = 712.50 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad \rho_{l2}^+ = A_{s,2}^+ / b d = 0.005 \quad \longrightarrow \quad k = 1.53 \quad \longrightarrow \quad v_{min} = 0.42 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,2} = 121.72 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \sigma_{cp,2} = 0.17 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c23} = 363.39 \text{ kN} < V_{Ed,23} = 434.78 \text{ kN} \quad \text{Shear reinforcement is required}$$

$$\theta = 21.80^\circ \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} = 2971.71 \text{ kN} < V_{Ed,23} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw2} / s = 623.73 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Aço de reforço real colocado

Armadura de esforço transverso

Φ10@300mm em ambas as direções

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	47 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.5.2. Muro no eixo B, espessura 100cm

4.5.2.1. Momentos e forças axiais:

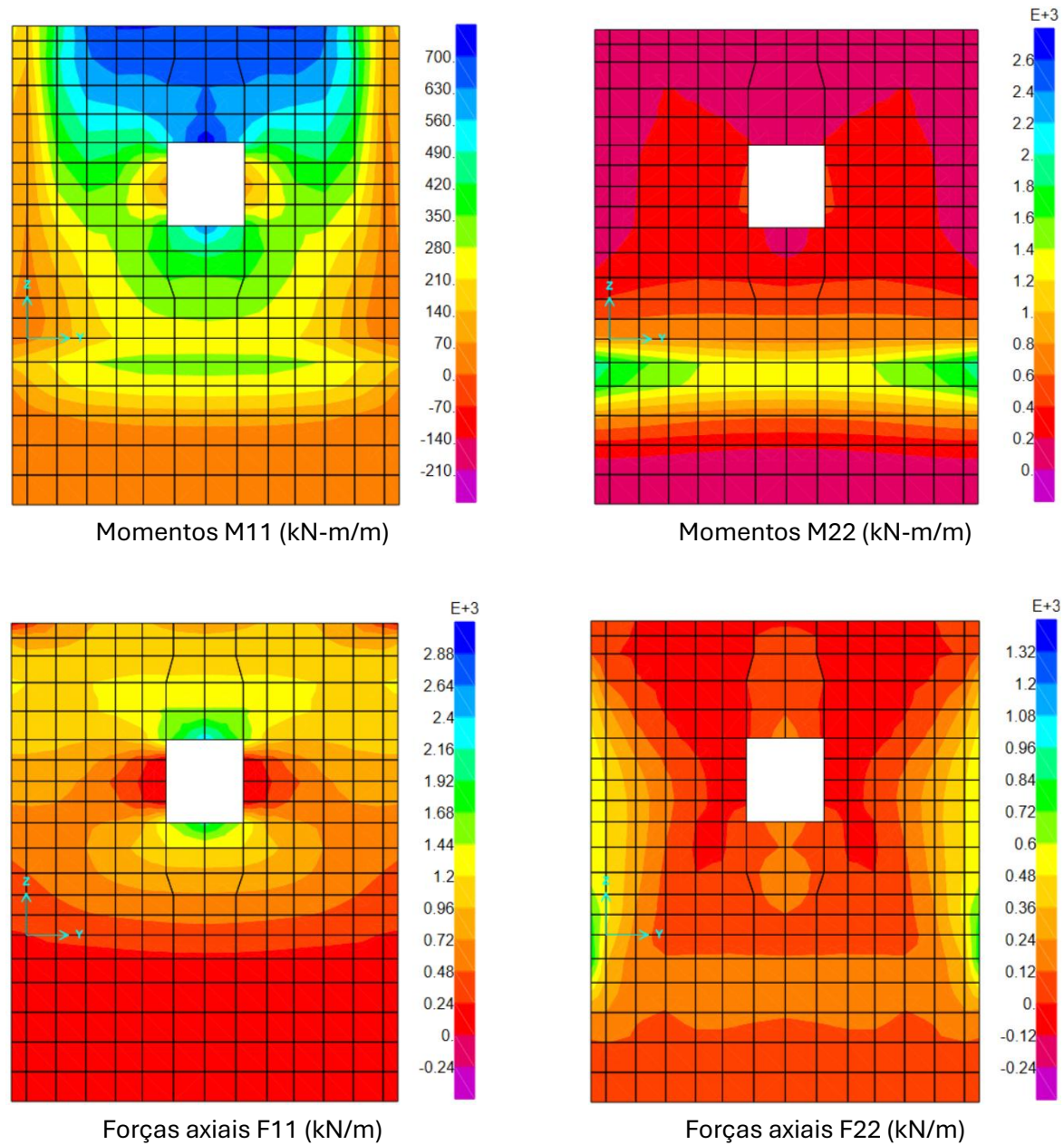


Ilustração 50. Momentos e forças axiais máximos - Muro no Aixo B

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 48 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

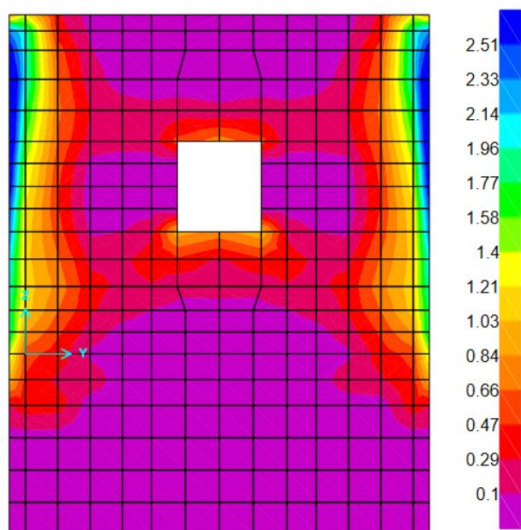
4.5.2.2. Armaduras:

Minimum area of reinforcement: $A_{s,min} = 0.0018 \text{ bd}$

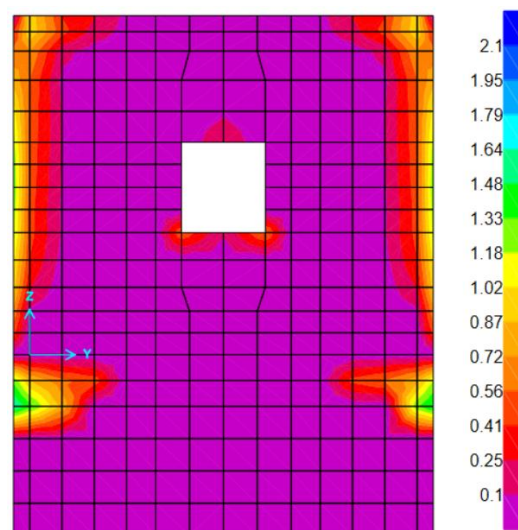
$$A_{s,min} = 0.26(f_{ctm}/f_{yk})b_t d \geq 0.0013b_t d \quad (\text{EC2 Eq. 9.1N})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{For } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 0.30f_{ck}^{(2/3)} \\ \text{For } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 2.12\ln[1 + (f_{ck} + 8\text{MPa})/10] \end{array} \right\} f_{ctm} = 3.51 \text{ MPa} \quad (\text{EC2 Tab. 3.1})$$

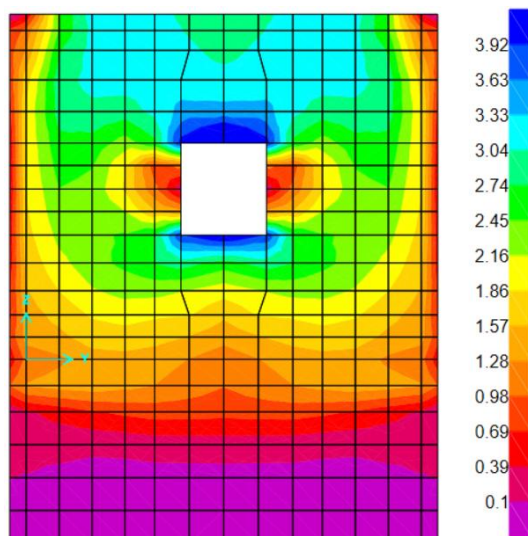
Maximum area of reinforcement: $A_{s,max} = 0.04 A_c = 40000 \text{ mm}^2$



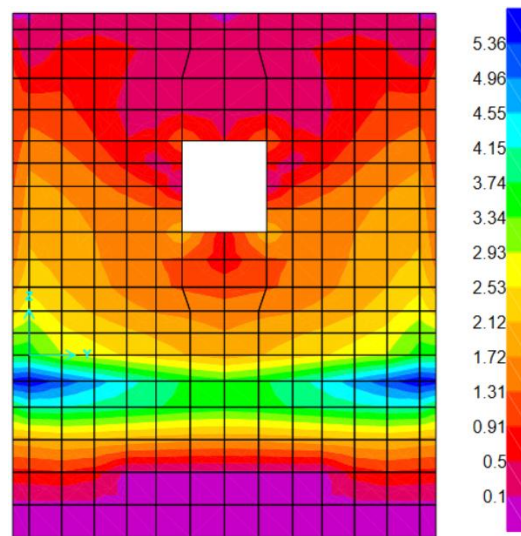
Armadura facial interna, direção Y



Armadura facial interna, direção Z



Armadura facial externa, direção Y



Armadura facial externa, direção Z

Ilustração 51. Armaduras - Muro no Aixo B (mm^2/mm)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 49 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Aço de reforço real colocado

Armadura longitudinal facial interna:

Φ20@125mm na direção Y

Φ20@125mm na direção Z

Armadura longitudinal facial externa:

Φ25@125mm na direção Y

Φ25@150mm / Φ32@150mm na direção Z

4.5.2.3. Verificação do esforço cortante máximo

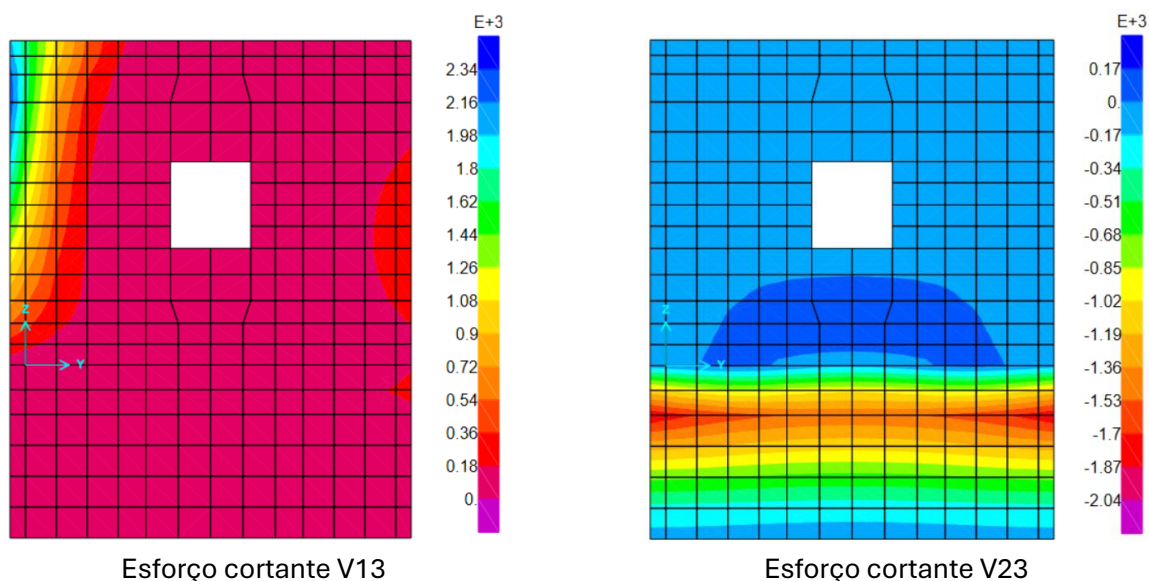


Ilustração 52. Esforço cortante máximo - Muro no Aixo B (kN/m)

- Shear strength in 13 direction

$$d = 937.50 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad \rho_{11}^+ = A_{s,1}^+ / bd = 0.004 \quad \longrightarrow \quad k = 1.46 \quad \longrightarrow \quad v_{\min} = 0.39 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,1} = -641.63 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \sigma_{cp,1} = -0.68 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c13} = 324.59 \text{ kN} \quad < \quad V_{Ed,13} = 1374.60 \text{ kN}$$

Shear reinforcement is required

$$\theta = 21.80^\circ \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} = 3910.14 \text{ kN} \quad < \quad V_{Ed,13} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw1} / s = 1498.72 \text{ mm}^2/\text{m}$$

- Shear strength in 23 direction

$$d = 905.50 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad \rho_{12}^- = A_{s,2}^- / bd = 0.002 \quad \longrightarrow \quad k = 1.47 \quad \longrightarrow \quad v_{\min} = 0.39 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,2} = 171.16 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \sigma_{cp,2} = 0.19 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c23} = 382.90 \text{ kN} \quad < \quad V_{Ed,23} = 1535.88 \text{ kN}$$

Shear reinforcement is required

$$\theta = 21.8 \quad \longrightarrow \quad V_{Rd,max} = 3776.68 \text{ kN} \quad < \quad V_{Ed,23} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw2} / s = 1733.74 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 50 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Aço de reforço real colocado

Armadura de esforço transverso

$\Phi 12@300\text{mm}$ na direção horizontal e $@125\text{mm}$ na direção vertical

4.5.3. Muro no eixo A, espessura 50cm

4.5.3.1. Momentos e forças axiais:

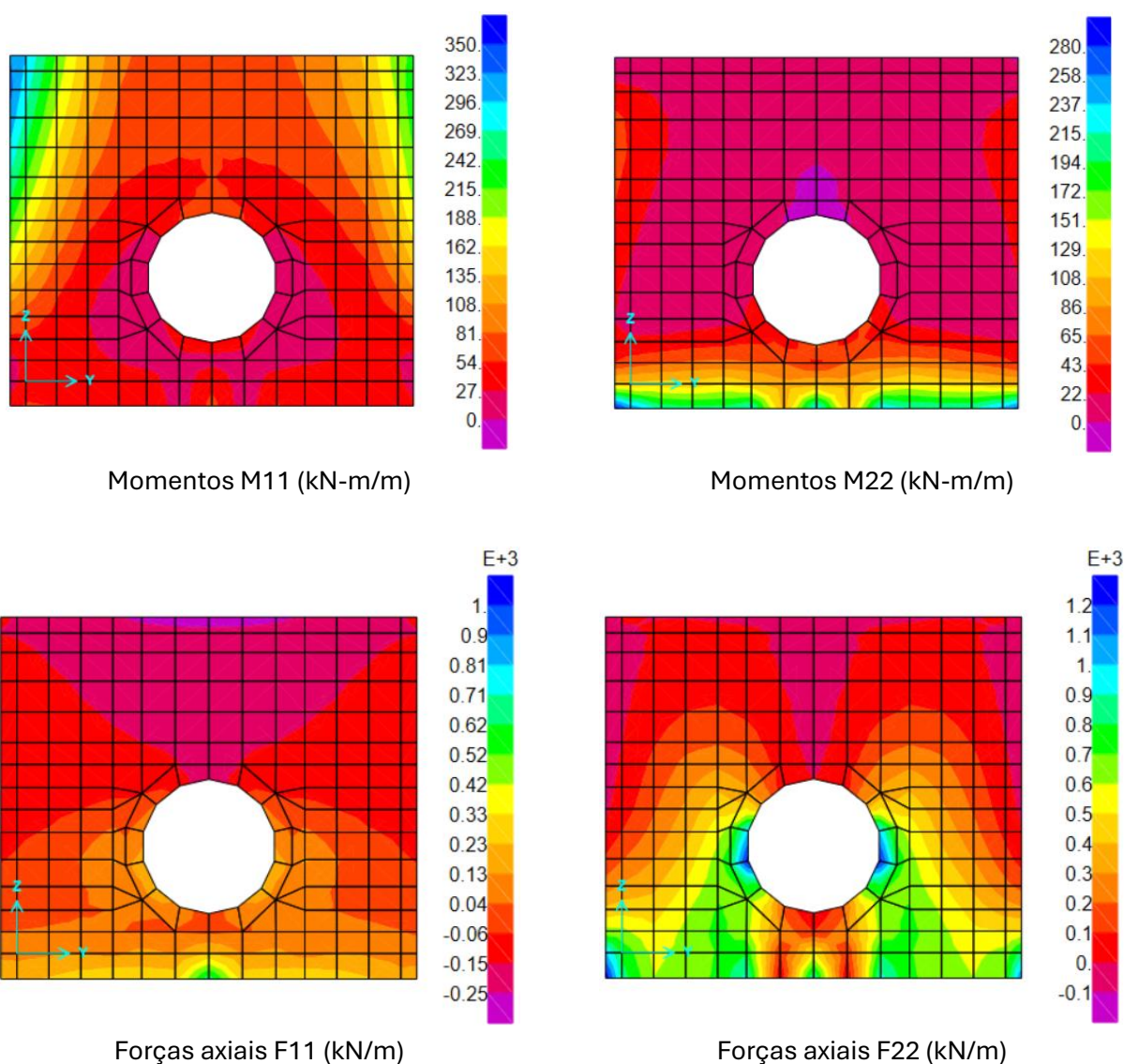


Ilustração 53. Momentos e forças axiais máximos - Muro no Aixo A

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 51 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

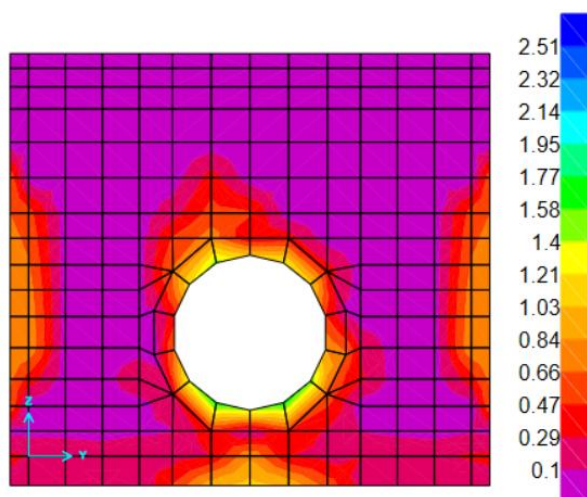
4.5.3.2. Armaduras:

Minimum area of reinforcement: $A_{s,min} = 0.0018 bd$

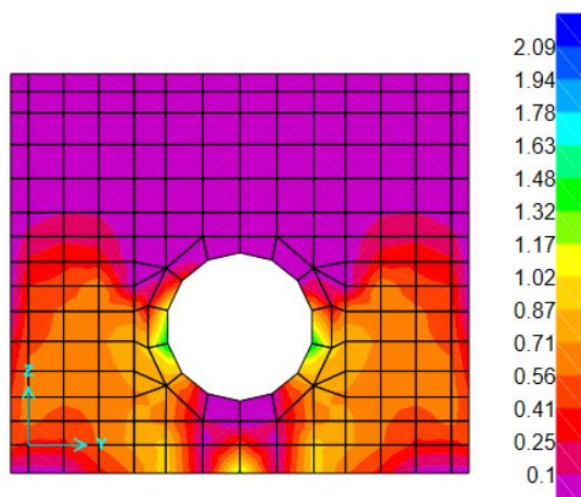
$$A_{s,min} = 0.26(f_{ctm}/f_{yk})b_t d \geq 0.0013b_t d \quad (\text{EC2 Eq. 9.1N})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{For } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 0.30f_{ck}^{(2/3)} \\ \text{For } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 2.12\ln[1 + (f_{ck} + 8\text{MPa})/10] \end{array} \right\} f_{ctm} = 3.51 \text{ MPa} \quad (\text{EC2 Tab. 3.1})$$

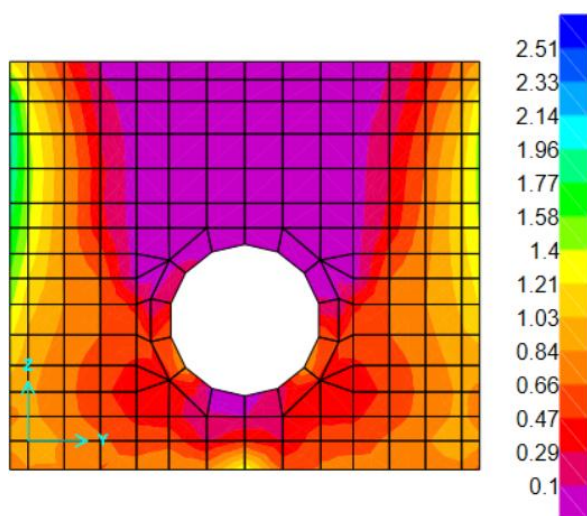
Maximum area of reinforcement: $A_{s,max} = 0.04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$



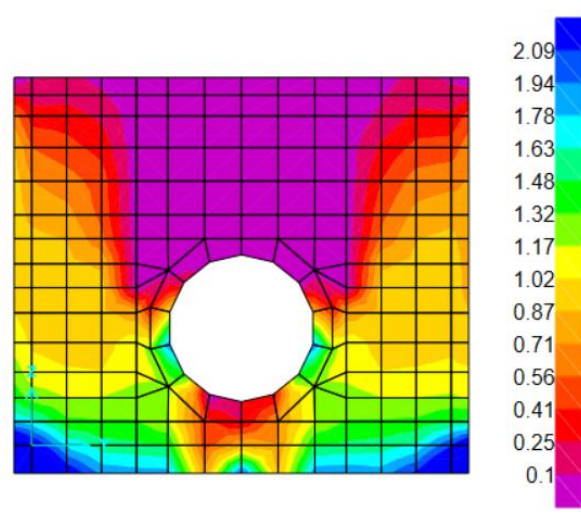
Armadura facial interna, direção Y



Armadura facial interna, direção Z



Armadura facial externa, direção Y



Armadura facial externa, direção Z

Ilustração 54. Armaduras - Muro no Aixo A (mm^2/mm)

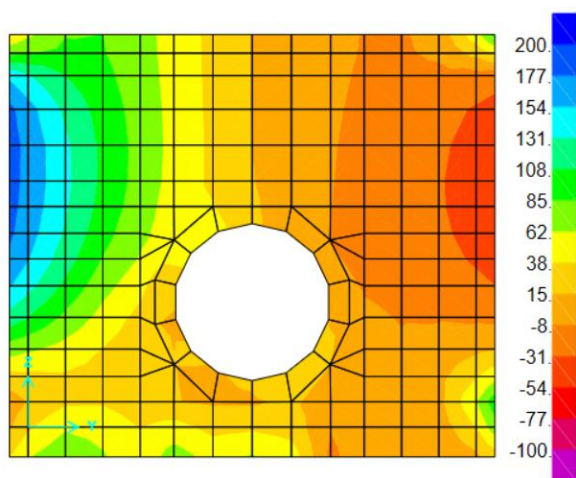
Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 52 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

Aço de reforço real colocado

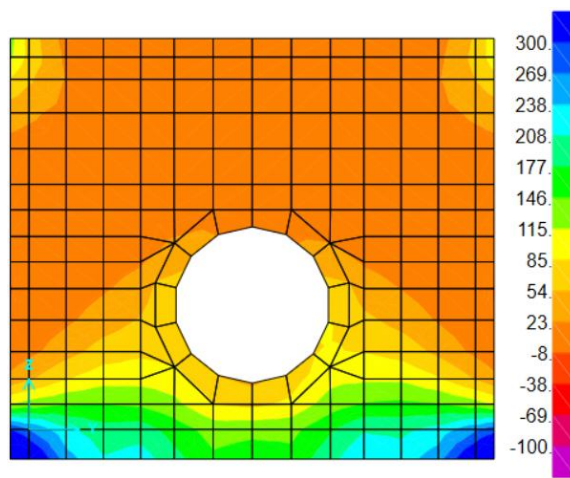
Armadura em ambas as faces:

$\Phi 20@125\text{mm}$ na direção Y , $\Phi 25@150\text{mm}$ na direção Z

4.5.3.3. Verificação do esforço cortante máximo



Esforço cortante V13



Esforço cortante V23

Ilustração 55. Esforço cortante máximo - Muro no Aixo A (kN/m)

- Shear strength in 13 direction

$$d = 440.00 \text{ mm} \rightarrow \rho_{11}^+ = A_{s,1}^+ / bd = 0.006 \rightarrow k = 1.67 \rightarrow v_{\min} = 0.48 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,1} = 273.13 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{cp,1} = 0.62 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c13} = 291.80 \text{ kN} > V_{Ed,13} = 155.17 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$$

$$\theta = 21.80^\circ \rightarrow V_{Rd,max} = 1835.16 \text{ kN} < V_{Ed,13} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw1} / s = \text{N/A}$$

Shear reinforcement nor required

- Shear strength in 23 direction

$$d = 415.00 \text{ mm} \rightarrow \rho_{12}^+ = A_{s,2}^+ / bd = 0.008 \rightarrow k = 1.69 \rightarrow v_{\min} = 0.49 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,2} = -495.01 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{cp,2} = -1.19 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c23} = 192.33 \text{ kN} > V_{Ed,23} = 185.76 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$$

$$\theta = 21.80^\circ \rightarrow V_{Rd,max} = 1730.89 \text{ kN} < V_{Ed,23} \quad \text{o.k.}$$

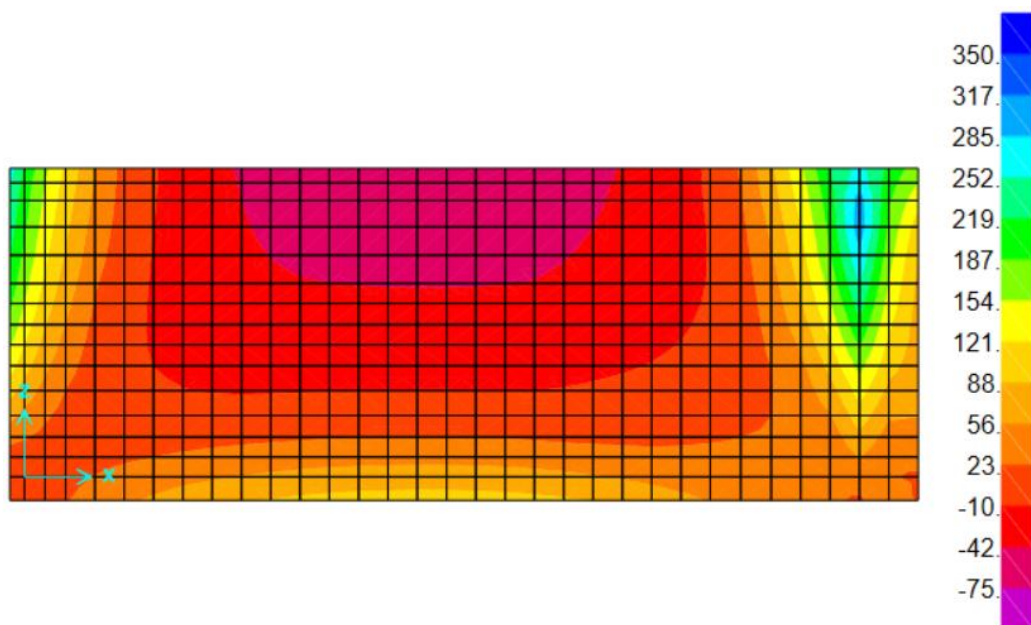
$$A_{sw2} / s = \text{N/A}$$

Shear reinforcement nor required

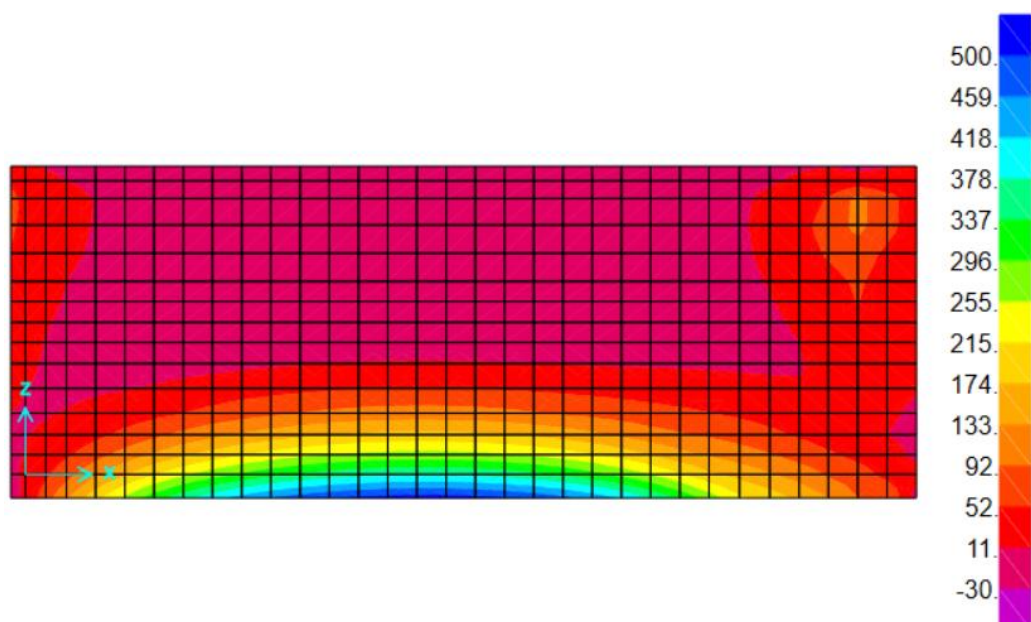
Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 53 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

4.5.4. Muros nos eixos 1 e 2, espessura 50cm

4.5.4.1. Momentos e forças axiais:



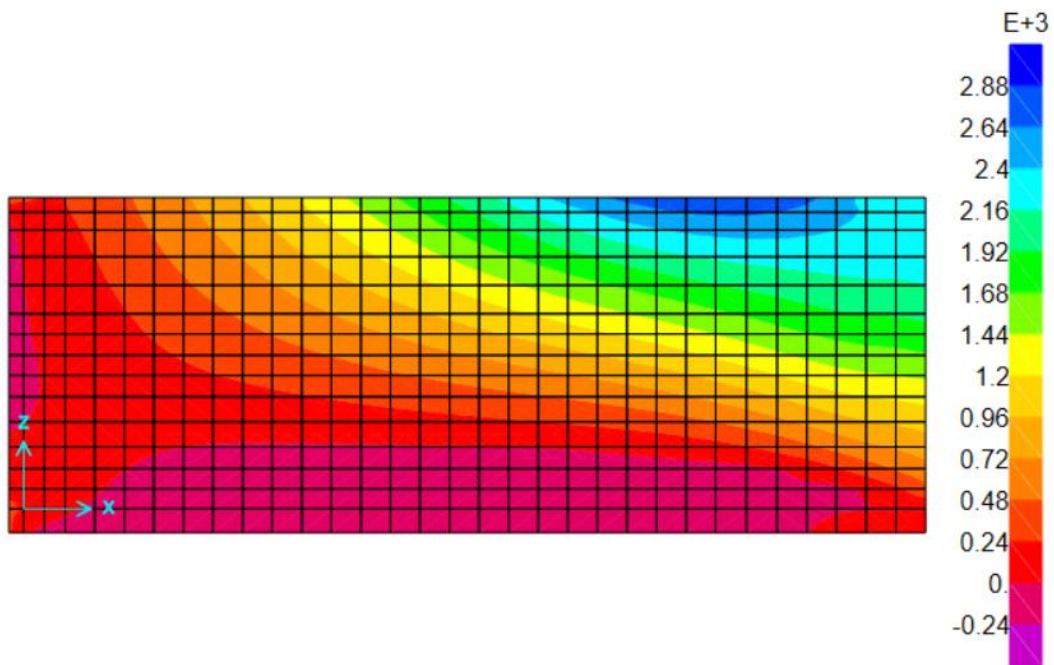
Momentos M11 (kN-m/m)



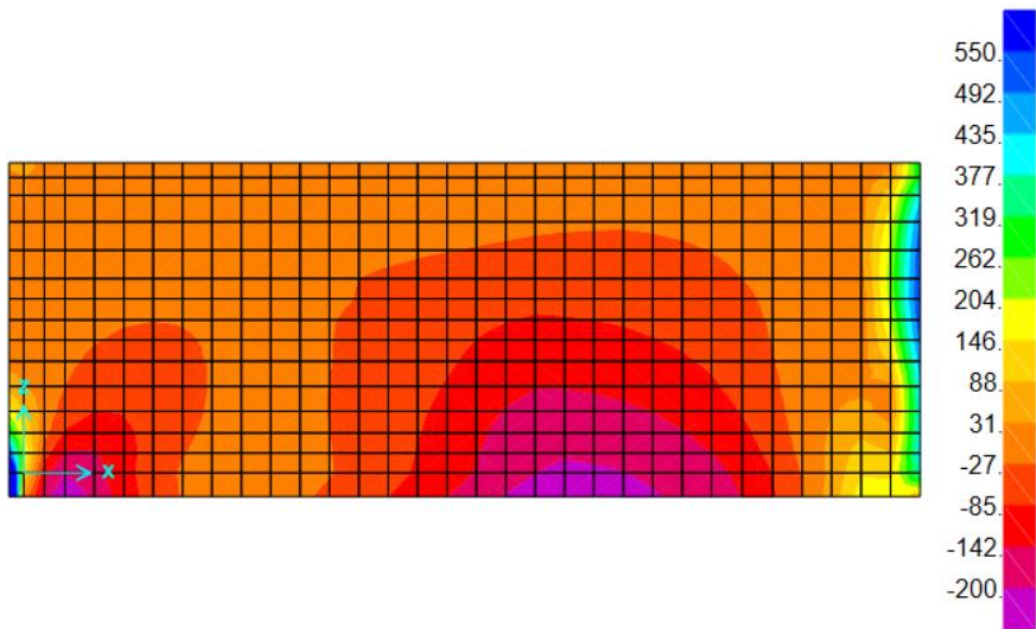
Momentos M22 (kN-m/m)

Ilustração 56. Momentos Máximos - Muros nos eixos 1 e 2

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		14/05/2025	01.0	54 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		



Forças axiais F11 (kN/m)



Forças axiais F22 (kN/m)

Ilustração 57. Forças axiais - Muros nos eixos 1 e 2

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 55 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

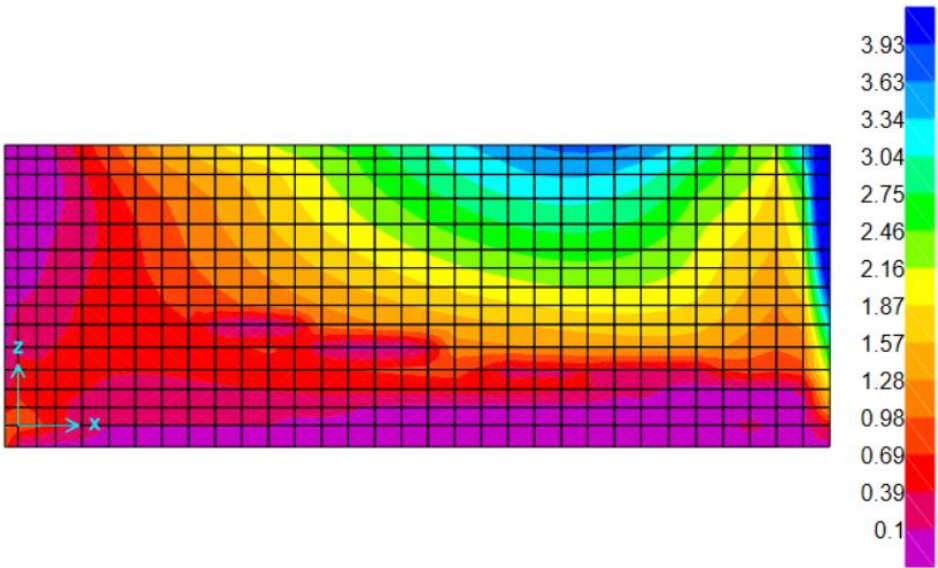
4.5.4.2. Armaduras:

Minimum area of reinforcement: $A_{s,min} = 0.0018 \text{ bd}$

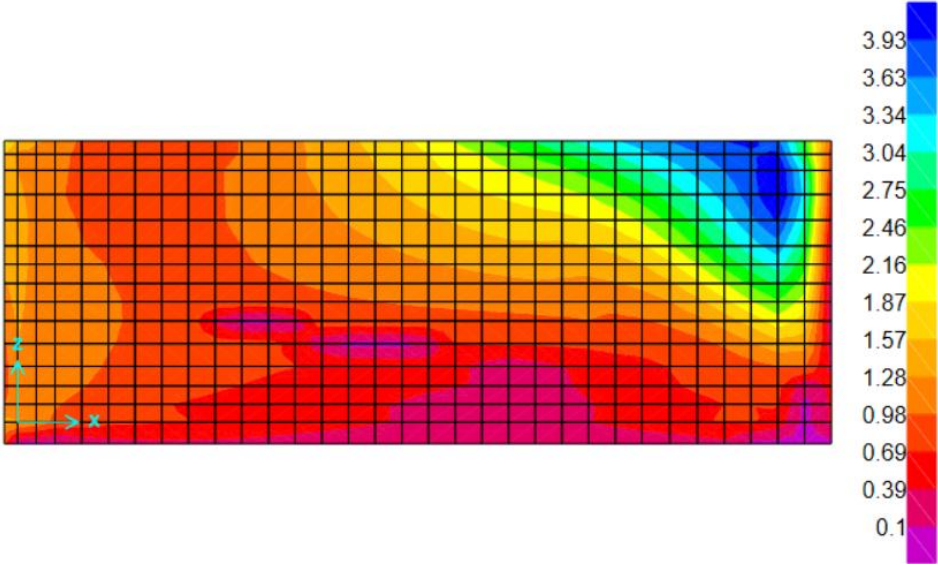
$$A_{s,min} = 0.26(f_{ctm}/f_{yk})b_t d \geq 0.0013b_t d \quad (\text{EC2 Eq. 9.1N})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{For } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 0.30f_{ck}^{(2/3)} \\ \text{For } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad f_{ctm} = 2.12\ln[1 + (f_{ck} + 8\text{MPa})/10] \end{array} \right\} f_{ctm} = 3.51 \text{ MPa} \quad (\text{EC2 Tab. 3.1})$$

Maximum area of reinforcement: $A_{s,max} = 0.04 \text{ Ac} = 20000 \text{ mm}^2$



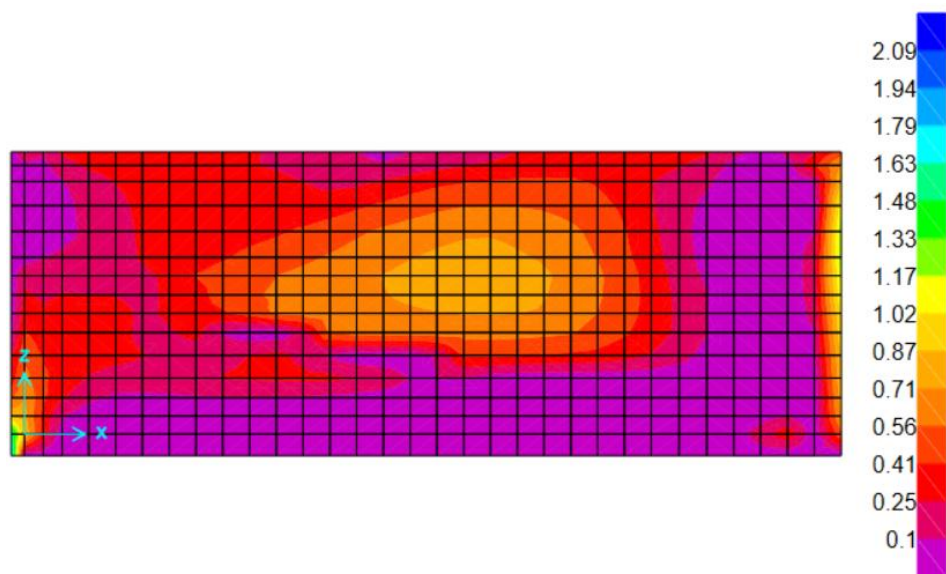
Armatura facial interna, direção X



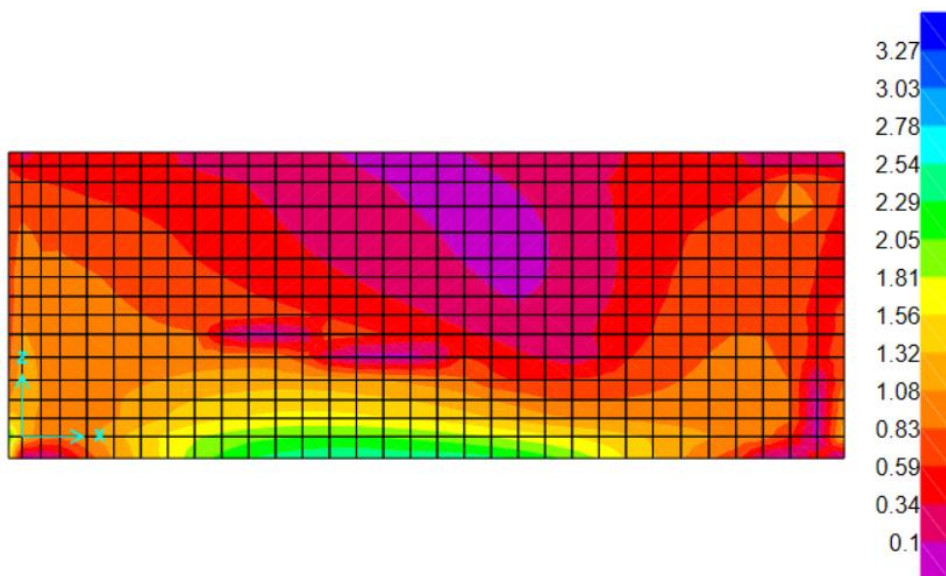
Armatura facial externa, direção X

Ilustração 58. Armaduras direção X - Muro nos eixos 1 e 2

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	56 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		



Armadura facial interna, direção Z



Armadura facial externa, direção Z

Ilustração 59. Armaduras direção Z - Muro nos eixos 1 e 2

Aço de reforço real colocado

Armadura longitudinal facial interna:

Φ25@125mm na direção X

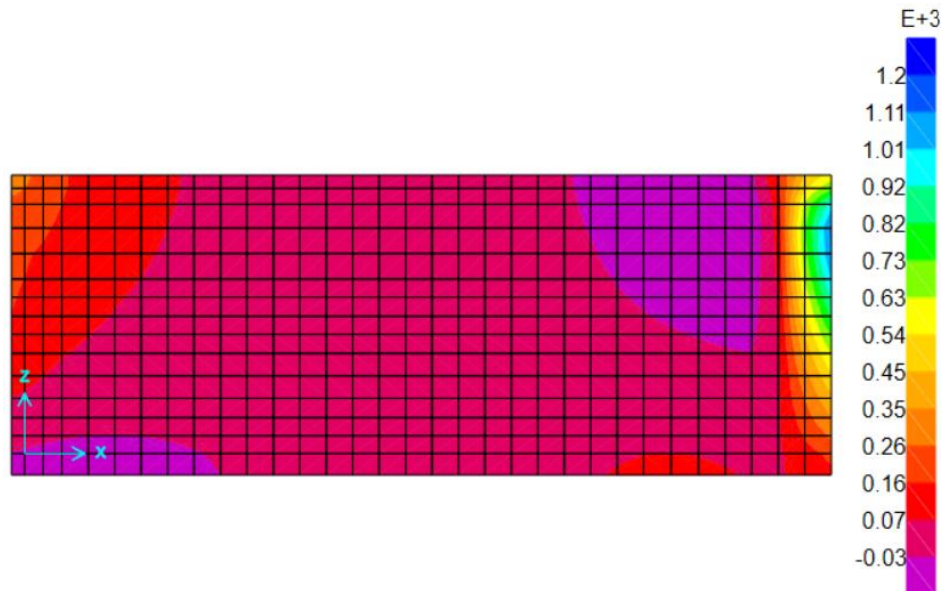
Φ20@150mm na direção Z

Armadura longitudinal facial externa:

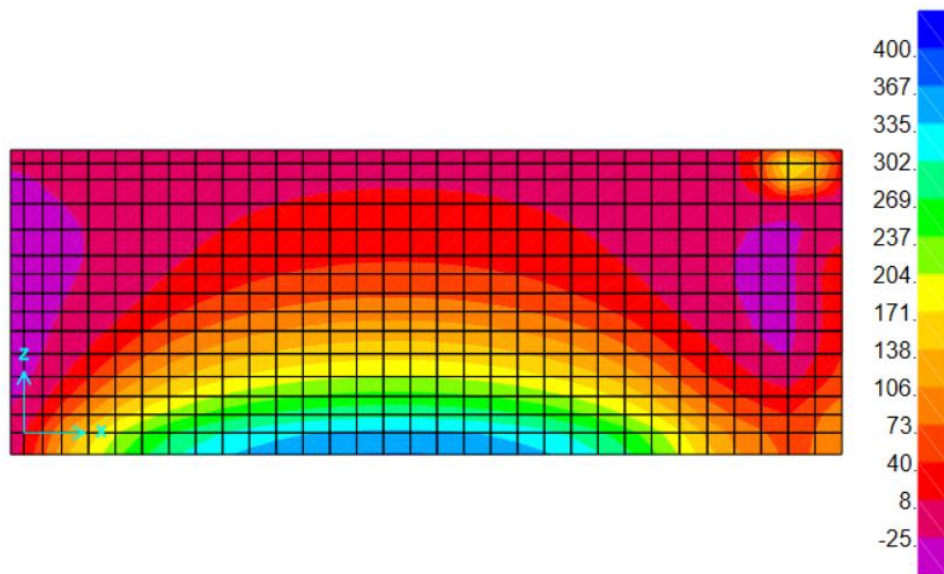
Φ25@125mm na direção X

Φ25@150mm na direção Z

Cliente		Empreiteiro EPC			
					
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	14/05/2025	01.0	57 de 58	
Código AdA		Código ACE			
AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		AL-ACE-2300-CW-CAC-00001			



Esforço cortante V13



Esforço cortante V23

Ilustração 60. Esforço cortante máximo - Muros nos Aixos 1 e 2 (kN/m)

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 14/05/2025	Rev. 01.0	Pág. 58 de 58
Código AdA AL-ACE-3200-CW-CAC-00001		Código ACE AL-ACE-2300-CW-CAC-00001		

- Shear strength in 13 direction

$$d = 437.50 \text{ mm} \rightarrow \rho_{11}^+ = A_{s,1}^+ / bd = 0.009 \rightarrow k = 1.68 \rightarrow v_{\min} = 0.48 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,1} = -2256.22 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{cp,1} = -5.16 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c13} = -48.13 \text{ kN} < V_{Ed,13} = 325.15 \text{ kN} \quad \text{Shear reinforcement is required}$$

$$\theta = 21.80^\circ \rightarrow V_{Rd,max} = 1824.73 \text{ kN} < V_{Ed,13} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw1} / s = 759.66 \text{ mm}^2/\text{m}$$

- Shear strength in 23 direction

$$d = 412.50 \text{ mm} \rightarrow \rho_{12}^+ = A_{s,2}^+ / bd = 0.008 \rightarrow k = 1.70 \rightarrow v_{\min} = 0.49 \text{ MPa}$$

Case of maximum shear:

$$N_{Ed,2} = -35.48 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{cp,2} = -0.09 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c23} = 260.52 \text{ kN} < V_{Ed,23} = 370.24 \text{ kN} \quad \text{Shear reinforcement is required}$$

$$\theta = 21.80^\circ \rightarrow V_{Rd,max} = 1720.46 \text{ kN} < V_{Ed,23} \quad \text{o.k.}$$

$$A_{sw2} / s = 917.43 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Aço de reforço real colocado

Armadura de esforço transverso

Φ12@300mm na direção horizontal e @125mm na direção vertical