

Cliente		Fornecedor EPC			
		  			
Projeto nº.	Projeto		Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve		07/05/2025	02.0	1 de 28
Código AdA			Código ACE		
AL-ACE-0000-MW-PRC-00001			AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

AL-PRO-0000-MW-PRC-00001

Procedimento de construção

02.0	07/05/2025	Revisão com comentários AdA	PRO	GSI	ACE
01.0	17/02/2025	Documento inicial	PRO	GSI	ACE
Rev.	Dados	Descrição	Criado	Revisto	Aprovado

Editado para:

Informação		Compra	
Aprovação	X	Construção	
Pedido de licitação		Conforme construído	

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 2 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Descrição geral do sistema de dessalinização	5
1.2. Objetivo desde documento	5
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	6
2.1. Documentos do projeto	6
3. DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO	7
4. TRABALHOS EM TERRA	8
4.1. Microtunelagem e instalação das condutas no interior do túnel	8
4.2. Instalação de tubagem	10
4.2.1. Zona de recepção e recolha dos tubos	10
4.2.2. Metodologia do proceso de fabrico da linha de tubos PEAD	11
4.2.3. Fabrico e armazenagem dos lastros	13
4.2.4. Zona de montagem das condutas	14
4.2.5. Condutas de hipoclorito de sódio.....	16
5. TRABALHOS MARÍTIMOS	18
5.1. Condutas em vala.....	18
5.1.1. Dragagem	18
5.1.2. Afundamento das condutas.....	18
5.1.3. Aterro de valas	23
5.2. Tomadas de agua	24
5.2.1. Preparação da camada de assentamento	24
5.2.2. Afundamento da estrutura da torre de captação.....	25
5.2.3. Aterro da vala e proteção contra a erosão.....	27
5.3. Sistema difusor	27

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 3 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

Ilustrações

Ilustração 1. Exemplo do microtunneler	8
Ilustração 2. Execução do poço de ataque	9
Ilustração 3. Avanço da conduta no interior do túnel.	9
Ilustração 4. Dragagem, selagem do tubo e recuperação da máquina de microtunelagem	9
Ilustração 5. Exemplo da zona de recolha na obra.	10
Ilustração 6. Croquis ilustrativo do apoio correto dos tubos.	11
Ilustração 7. Armazenamento de tubos em dois níveis.	11
Ilustração 8. Processo da soldadura das tubagens PEAD.	12
Ilustração 9. Exemplo dos locais de fabrico e armazenagem dos lastros.	13
Ilustração 10. Exemplo de organização da zona de fabrico dos lastros (não apresentado à escala)	14
Ilustração 11. Exemplo da zona de montagem de condutas de PEAD.	15
Ilustração 12. Exemplo da montagem do tramo difusor em terra com os lastros.	15
Ilustração 13. Secção em túnel com as condutas de hipoclorito	16
Ilustração 14. Secção em vala com as condutas de hipoclorito	16
Ilustração 15. Sistema de hipoclorito de sódio nas tomadas de água.	17
Ilustração 16. Dragagem para à instalação das condutas.	18
Ilustração 17. Exemplo do transporte em flotação do tubo PEAD com os lastros instalados	19
Ilustração 18. Afundamento das condutas PEAD. Fase de transporte	21
Ilustração 19. Afundamento das condutas PEAD. Fase de inclinação	21
Ilustração 20. Afundamento das condutas PEAD. Secção em S	21
Ilustração 21. Afundamento das condutas PEAD. Secção em J	22
Ilustração 21. Afundamento das condutas PEAD. Condutas no fundo marinho	22
Ilustração 22. Enchimento de valas.	23
Ilustração 23. Proteção contra a erosão	24
Ilustração 24. Dragagem na localização das tomadas.	24
Ilustração 25. Camada de assentamento e nivelação.	25
Ilustração 26. Instalação do primer módulo (base)	26

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	4 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

Ilustração 27. Instalação do segundo módulo da torre	26
Ilustração 28. Instalação dos módulos 3 e 4	27
Ilustração 29. Enchimento de valas e proteção contra a erosão.	27
Ilustração 30. Afundamento do sistema difusor	28

Tabelas

Tabela 1. Altura e peso dos módulos das tomadas.	25
--	----

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	5 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

1. INTRODUÇÃO

A região do Algarve tem vindo a sofrer, ao longo dos últimos anos, de uma seca prolongada associada a uma situação de escassez hídrica que é já considerada estrutural. Assim, apesar da disponibilidade de água em Portugal ser acima da média europeia, o abastecimento de água em Portugal, nomeadamente na região do Algarve, está sob stress, e espera-se que o problema aumente com as alterações climáticas. Por estes motivos o Plano Regional de Eficiência Hídrica da Região do Algarve, elaborado em 2020 pela APA e pela Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), identificou como medida estrutural possível para reforçar a capacidade de produção de água, a criação de um sistema de dessalinização na região do Algarve, com o objetivo de assegurar uma origem alternativa e fiável para o abastecimento de água potável à região do Algarve.

1.1. Descrição geral do sistema de dessalinização

O Sistema de Dessalinização a implementar na Fase 1 (Ano 0) permitirá a produção de $500 \text{ L/s} = 1800 \text{ m}^3/\text{h} = 43.200 \text{ m}^3/\text{dia} = 16 \text{ hm}^3/\text{ano}$ de água potável. O sistema ficará preparado para ser ampliado no futuro (Fase 2 – Ano Horizonte), através da instalação dos equipamentos necessários na EE1 e EDAM, para a produção de $750 \text{ L/s} = 2.700 \text{ m}^3/\text{h} = 64.800 \text{ m}^3/\text{dia} = 24 \text{ hm}^3/\text{ano}$ de água potável. Toda a construção civil, captação, condutas de água bruta e água tratada e restantes infraestruturas serão desde já executadas para a Fase 2.

O dimensionamento da EDAM terá em conta que, na Fase 1, o caudal de produção de água potável poderá variar entre o caudal nominal do Ano 0 e um caudal mínimo de 25% deste valor. Será ainda tido em conta que, após ampliação, a variação de caudal de água tratada será entre 25% do caudal do Ano 0 e o caudal nominal do Ano HP.

1.2. Objetivo deste documento

O objetivo deste documento é descrever uma proposta de procedimentos de construção a utilizar para as obras marítimas do sistema de dessalinização na região do Algarve. Mais concretamente, são descritos neste documento os trabalhos de terraplanagem, a colocação de tubagens e a construção das torres de tomada.

Podem ser utilizados procedimentos de construção alternativos, com base na maquinaria, meios e experiência do empreiteiro, após aprovação da GS Inima.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	6 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

2.1. Documentos do projeto

- AL-PRO-0000-MW-TSP-0002. Especificação técnica de tubos e acessórios em PEAD (tubos de salmoura, de admissão e de cloração)
- **AL-PRO-0000-MW-TSP-00001. Especificação técnica para a construção**
- AL-PRO-0000-MW-CRT-0001. Bases de conceção
- AL-PRO-0000-MW-REP-0003. Relatório do estudo de campo próximo
- AL-PRO-0000-MW-CAC-0004. Cálculo de torres de captação
- AL-PRO-0000-MW-REP-0006. Ajudas à navegação

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 7 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

3. DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO

As obras marítimas da nova EDAM do Algarve abarcam a instalação das condutas de captação de água bruta e rejeição de salmoura, bem como as torres de tomada de água e o difusor de salmoura. Os trabalhos podem ser divididos em obras em terra e obras marítimas.

A configuração da tomada de água será constituída por condutas submarinas em PEAD que poderão operar isoladamente (uma de cada vez) ou em paralelo conforme os requisitos de caudal da EDAM. A captação é efetuada por duas estruturas de tomada de água, de fluxo horizontal, situadas no mar, a 1820 m da praia, a uma profundidade de -11,8 m NMM (9,8 mZH).

Para a rejeição de salmoura, será instalada uma conduta de descarga, com difusores localizados ao largo, a uma profundidade do fundo do mar de -9,5 m NMM a -9,7 m NMM, para o retorno comum do concentrado e dos efluentes do processo tratados da instalação.

No trecho inicial, as condutas serão executadas por uma técnica de microtunelagem, instalada num túnel de betão armado de DN1800 mm/2200mm, a partir da qual as condutas serão colocadas em vala no fundo marinho.

Os trabalhos em terra incluem as seguintes tarefas principais:

- Microtunelagem do tubo.
- Fabrico de tubos de PEAD, que inclui o fabrico dos blocos de lastro, a união dos troços de tubos recebidos por termofusão e a montagem dos lastros nas condutas.
- Fabrico da torre de tomada e dos blocos de lastro.

As obras marítimas incluem as seguintes tarefas principais:

- Dragagem para a instalação das condutas em vala.
- Afundamento e instalação das condutas marítimas, que inclui o nivelamento do fundo do mar nas áreas onde as condutas devem ser colocadas.
- Afundamento e instalação do difusor.
- Preenchimento de valas e a instalação dos colchões reno, que actuarão como proteção anti-erosão
- Afundamento e instalação da torre de tomada de água, que inclui a dragagem do fundo do mar e o subsequente da vala, bem como a instalação dos colchões reno, que actuarão como proteção anti-erosão.

Nas secções seguintes descrevem-se os principais trabalhos, tanto terrestres como marítimos, a realizar para a construção das obras marítimas do novo sistema de dessalinização no Algarve.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 8 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

4. TRABALHOS EM TERRA

4.1. Microtunelagem e instalação das condutas no interior do túnel

Os trabalhos correspondem à execução de três microtúneis de betão armado de 1800 mm de diâmetro e 200 mm de espessura que albergarão no seu interior as condutas de PEAD de DN 1000 mm para a captação 1, DN 1200 mm para a captação 2 e DN 1000 mm para rejeição da salmoura.

Antes da execução propriamente dita de cada microtúnel executarse-á um poço de ataque com muro pantalha em betão e se instalará o correspondente estaleiro para a execução do microtúnel. No poço de ataque será colocada uma máquina de microtunelagem através do sistema de elevação adequado. O conjunto das obras de microtunelagem serão executadas desde o poço de ataque, excetuando a recuperação da cabeça da microtuneladora que será recuperada via marítima, normalmente efectuada por uma grua, montada numa plataforma flutuante ou por meio de sacos de salvamento insuflados que levantam a máquina do fundo do mar para a superfície da água, após a dragagem do âmbito de recuperação.

No procedimento de perfuração, a instalação do tubo, ou tubos, é efectuada num único passo, em simultâneo com a perfuração.

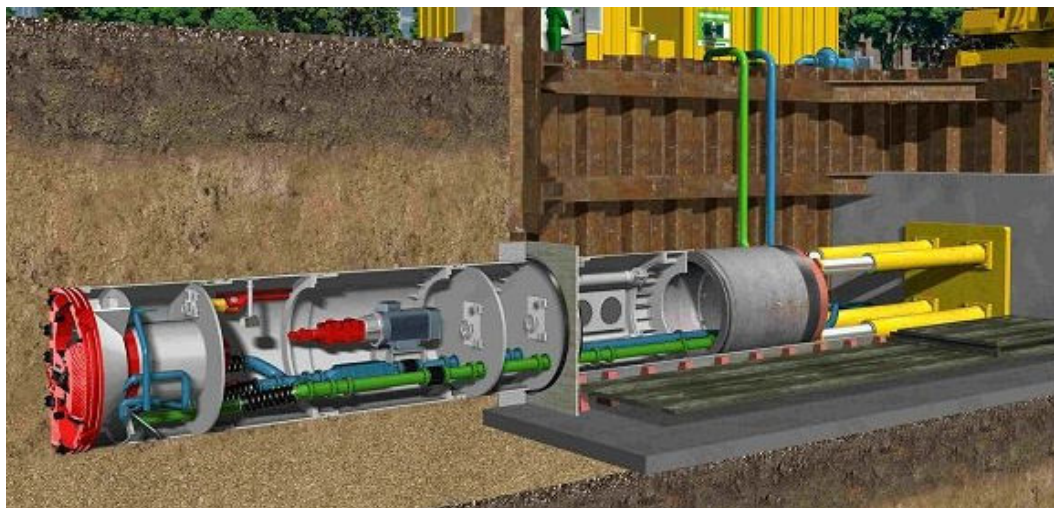


Ilustração 1. Exemplo do microtunneler

O poço de atraque para as condutas de captação coincide com a estrutura da estação de elevação EE1, enquanto o da conduta de rejeição coincide com a câmara de desgaseificação.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 9 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

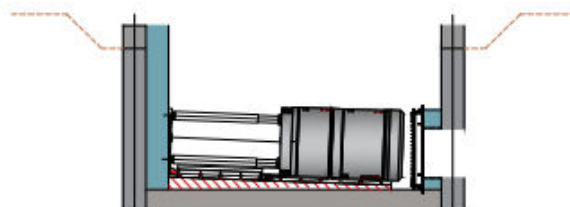


Ilustração 2. Execução do poço de ataque

Depois de executar o poço, pode se começar o microtúnel. Os tubos são descidos pelo poço de ataque, soldados por fusão de topo e colocando os espaçadores. É assim que o avanço da conduta é ejecutada.

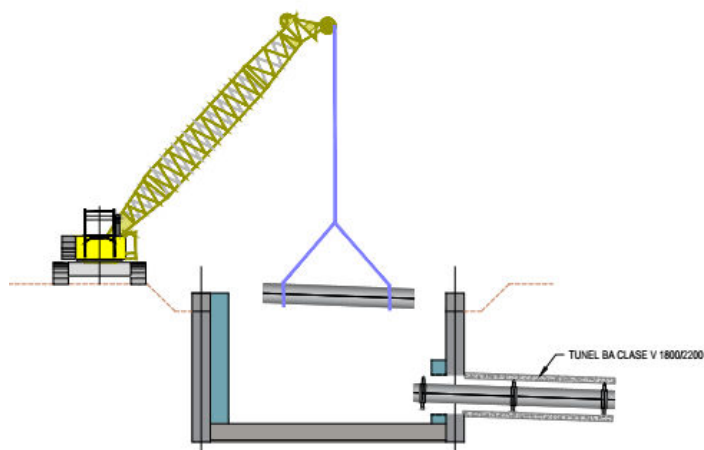


Ilustração 3. Avanço da conduta no interior do túnel.

No final do túnel é necessária à dragagem para poder realizar o resgate da última cabeça de perfuração do túnel. A partir deste ponto as condutas serão instaladas na mesma vala até atingirem as respectivas torres de captação ou até à secção do difusor e lastradas de forma a garantir a sua estabilidade na vala.

Adicionalmente, é necessária a selagem do final do túnel com sacos de areia ou betão de modo que o preenchimento da vala não entre no túnel.

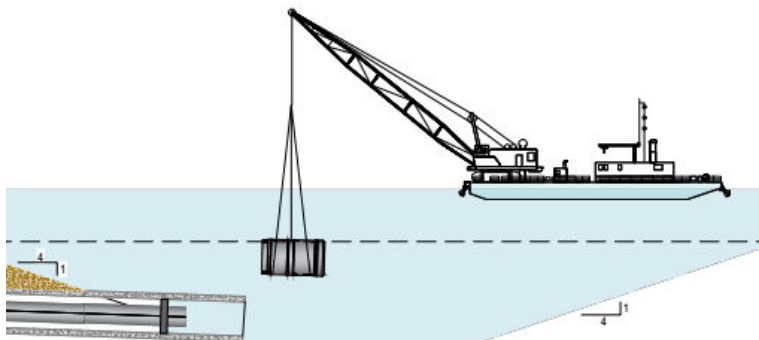


Ilustração 4. Dragagem, selagem do tubo e recuperação da máquina de microtunelagem

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 10 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

4.2. Instalação de tubagem

4.2.1. Zona de recepção e recolha dos tubos

Os tubos PEAD são normalmente fornecidos em segmentos de 12 m de comprimento. Para a montagem do tubo, é necessário preparar uma esplanada para o armazenamento dos segmentos de tubo à medida que são recebidos no local. Desta forma, os segmentos serão unidos para formar as tramos para afundamento de 250 m, que são posteriormente unidos por flanges. No entanto o comprimento final das secções será fixado pelo empreiteiro em função das condições do local.

Para o armazenamento, será necessário limpar previamente o terreno e evitar o contacto entre os tubos e as pedras ou elementos cortantes. Será necessário um espaço suficiente para armazenar os segmentos de tubos necessários para a soldadura durante uma semana.



Ilustração 5. Exemplo da zona de recolha na obra.

Os tubos devem ser empilhados numa superfície plana, onde não existam pedras ou outros elementos que possam causar danos, de modo a evitar deformações ou danos. Os suportes laterais das paletes devem ser distribuídos de forma a proteger os tubos contra deformações.

O espaçamento entre tubos deve ser de pelo menos 0,2 m e entre blocos de pelo menos 1 m, contendo cada bloco um máximo de 10 tubos.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 11 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

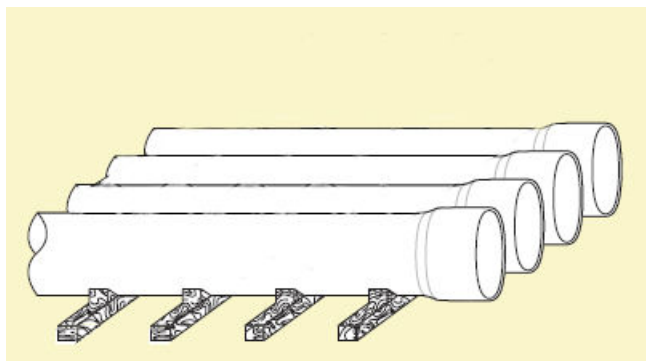


Ilustração 6. Croquis ilustrativo do apoio correto dos tubos.



Ilustração 7. Armazenamento de tubos em dois níveis.

4.2.2. Metodologia do proceso de fabrico da linha de tubos PEAD

As secções de tubos devem ser soldadas por solda de topo em terra, na cabeça da linha de montagem da conduta. Este processo de soldadura consiste em unir as extremidades do tubo submetendo-o à sua temperatura de fusão e aplicando uma força de compressão axial. A pressão exercida por esta força faz que o material flua, se misture e se funda com o seu par. O aquecimento do PEAD faz com que a estrutura molecular passe de cristalina a amorfa e, devido à pressão, as moléculas das extremidades dos tubos misturam-se. Quando a junção arrefece, as moléculas recuperam a sua estrutura cristalina, mas desta vez como um todo, de modo que os dois tubos se tornam um tubo homogéneo. Além disso, a zona de junção terá mais resistência do que o resto do tubo, tanto em tensão como em pressão.

O processo para o desenvolvimento correto da soldadura pode ser resumido (salvo indicação em contrário do fornecedor) nas seguintes etapas:

1. Instalar o equipamento de soldadura de acordo com as especificações do fabricante no interior da casa de soldadura.
2. Ajustar a braçadeira do tubo de modo a que as extremidades do tubo fiquem corretamente alinhadas.
3. Se necessário, as extremidades dos tubos são maquinadas de modo a que as superfícies fiquem limpas, uniformes, paralelas entre si e perpendiculares ao eixo dos tubos.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 12 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

4. O alinhamento é verificado aproximando suavemente as extremidades opostas e verificando depois a perpendicularidade do corte.
5. Limpar as superfícies ou as extremidades do tubo com um pano embebido em álcool. Não utilizar qualquer outro tipo de solvente. Evitar tocar nas superfícies a unir.
6. As superfícies a soldar são pressionadas contra a placa de aquecimento com uma força proporcional ao diâmetro do tubo, para que as faces absorvam o calor necessário à fusão. A força é então diminuída, o que provocará a formação do cordão regular à volta da circunferência.
7. O tempo de aquecimento é uma função da espessura do tubo e será dado pelas especificações da máquina de fusão a quente.
8. Quando o tempo de aquecimento das superfícies a soldar tiver decorrido, a placa de aquecimento é retirada o mais rapidamente possível sem tocar no material macio. Verificar se as extremidades do tubo estão uniformemente fundidas.
9. Juntar imediatamente as extremidades dos tubos aplicando uma força gradual. O tempo de aumento desta força é uma função da espessura e deve ser dado pelo diagrama do tempo total de soldadura.
10. Toda a circunferência da soldadura é inspeccionada para garantir que o cordão de soldadura cumpre as especificações do fabricante.
11. A soldadura deve ser arrefecida ao ar em condições ambientais e no interior da instalação de soldadura. O arrefecimento não deverá ser acelerado por água, solventes ou correntes de ar.



Ilustração 8. Processo da soldadura das tubagens PEAD.

O fornecedor de tubos PEAD deve garantir a rastreabilidade do processo de fabrico de cada tubo, desde a receção das matérias-primas até à última soldadura, através da supervisão de uma empresa de controlo independente, que deve verificar, pelo menos, os seguintes pontos:

- Receção das matérias primas: Certificado de qualidade, composição e origem.
- Processo de fabrico: controlo dos parâmetros de produção e da moldagem dos tubos.
- Processo de transporte: controlo da carga e descarga.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 13 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

- Processo de armazenamento e zona de recolha no local.
- Preparação e processo de soldadura.
- Verificação visual de todas as soldaduras: Certificação e numeração de cada soldadura.
- Verificação do processo de afundamento.

À medida que as soldaduras são efectuadas, o tubo é empurrado para a rampa de lançamento, sem qualquer armazenagem intermédia em terra. Durante este processo, a localização prevista do lastro deve ser marcada.

4.2.3. Fabrico e armazenagem dos lastros

Os lastros devem ser fabricados e armazenados no local. Estima-se que seja necessário um período de cura de 28 dias. Recomenda-se que o lastro seja moldado sobre uma laje de betão. A cofragem deve ser removida após 24 horas de presa para armazenamento vertical.



Ilustração 9. Exemplo dos locais de fabrico e armazenagem dos lastros.

Os lastros, neste caso, serão formados por duas peças de betão armado que são fixadas ao tubo por meio de quatro parafusos de aço inoxidável A4-80.

A zona de pré-fabricação e armazenamento de lastro será dimensionada pelo empreiteiro tendo em conta os seguintes critérios:

- As pilhas de armazenamento devem ser dimensionadas para conter, pelo menos, todo o lastro necessário para um tramo para afundamento.
- É necessário um período de curado de 28 dias.
- O lastro é **concretado** deitado.
- A cofragem é retirada após 24 horas de presa.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 14 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

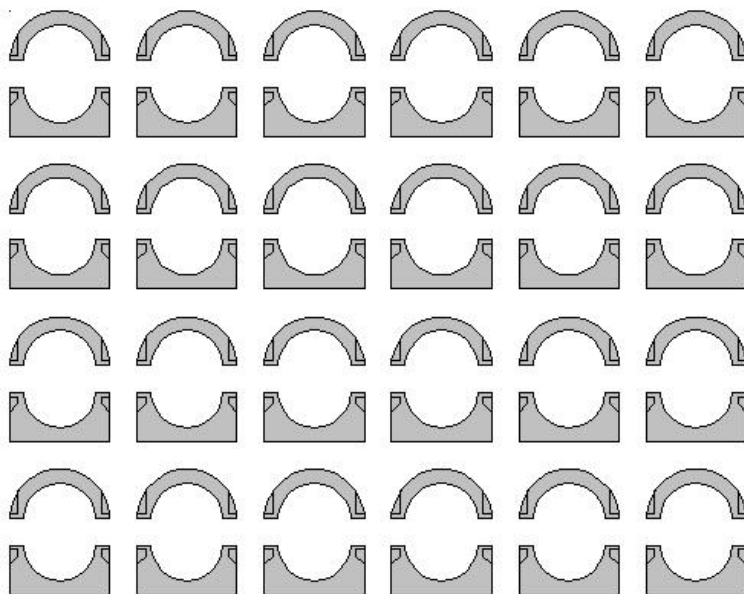


Ilustração 10. Exemplo de organização da zona de fabrico dos lastros (não apresentado à escala)

- O parque de lastros pré-fabricados necessita de uma área suplementar para armazenar os varões e as cofragens para a construção dos lastros.
- A betonagem será efectuada a partir de um camião betoneira, pelo que as superfícies de passagem serão tidas em conta nesta estimativa.

4.2.4. Zona de montagem das condutas

O espaço onde as secções da conduta devem ser montadas deve estar localizado perto da água, protegido das condições do mar e o mais próximo possível da área de instalação final.

Desta forma, as secções serão montadas e depois transportadas por meios marítimos para a sua localização final.

Prevê-se que a linha de montagem para a soldadura dos tubos PEAD possa albergar uma secção montada com dimensões de cerca de 250 m de comprimento. As dimensões desta área dependerão do número de secções simultâneas a serem soldadas.

Os troços de tubo serão soldados até atingirem o comprimento estabelecido nas condições de assentamento, sendo também colocadas as respectivas flanges e/ou peças especiais necessárias à sua união aos troços consecutivos. Uma vez formado o troço e antes do seu lançamento, devem ser colocados os lastros ao longo de todo o comprimento do troço. A Ilustração 11 apresenta um exemplo de uma zona de montagem de condutas.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 15 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

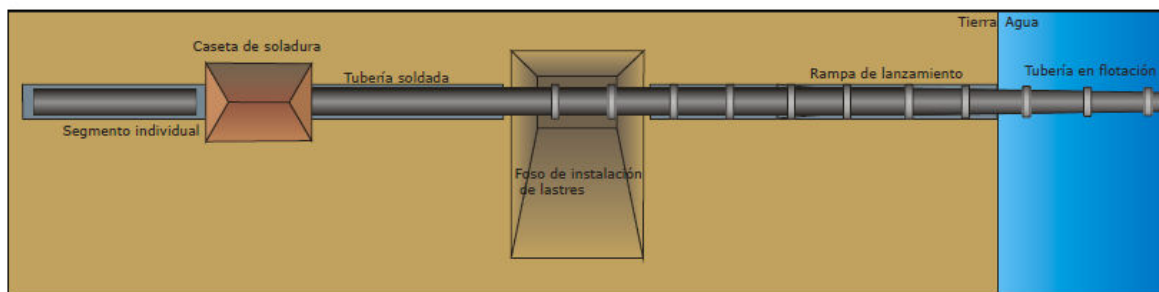


Ilustração 11. Exemplo da zona de montagem de condutas de PEAD.

A instalação dos lastros deve ser efectuada de acordo com a sequência seguinte:

- Içamento do tubo PEAD (previamente soldado) num ponto próximo ao local do lastro.
- Transferência da metade inferior e posicionamento no carrinho sob o tubo no fosso construído para o efeito.
- Apoio do tubo na parte inferior do lastro.
- Transferência da parte superior e posicionamento sobre o tubo, na metade inferior do lastro.
- Aperto dos parafusos.

O aperto correto do lastro deve ser verificado através do ensaio de uma peça seleccionada aleatoriamente, que deve ser instalada num segmento de tubo PEAD e colocada na posição vertical durante, pelo menos, uma hora. O aperto dos parafusos deve ser efectuada antes do lançamento do tubo.

A montagem da secção difusora deve ser efectuada de forma semelhante.



Ilustração 12. Exemplo da montagem do tramo difusor em terra com os lastros.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 16 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

4.2.5. Condutas de hipoclorito de sódio

As condutas de hipoclorito de sódio acompanharão as condutas principais de captação segundno o indicado nos desenhos.

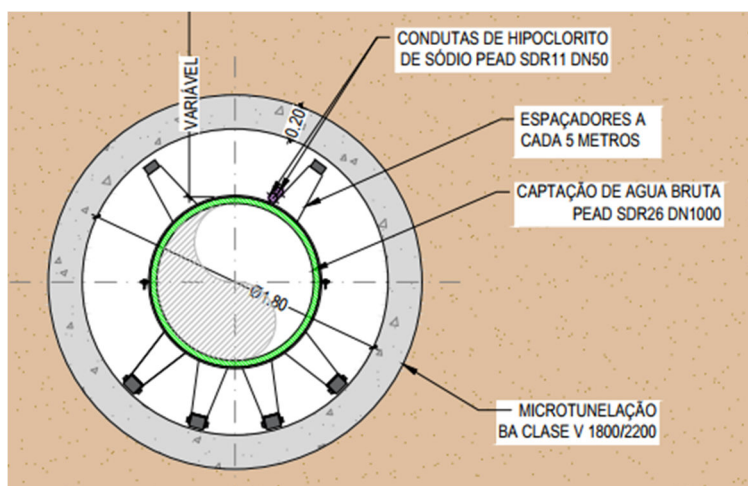


Ilustração 13. Secção em túnel com as condutas de hipoclorito

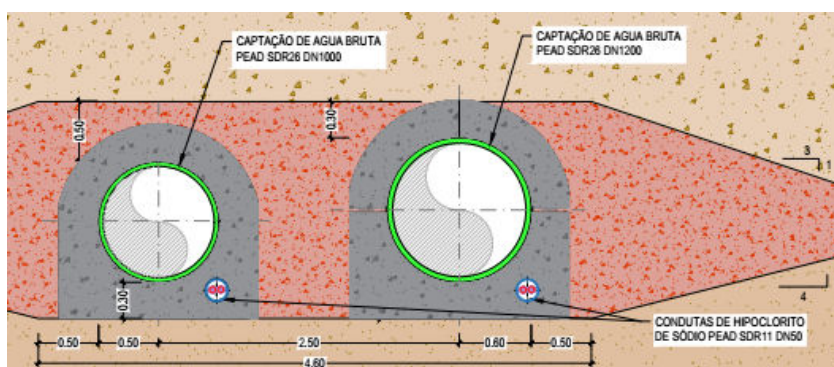


Ilustração 14. Secção em vala com as condutas de hipoclorito

São dispostas duas condutas de hipoclorito em PEAD DN50 SDR11 para cada linha de captação, protegidas por uma camisa de PEAD DN180 SDR17. A conduta de hipoclorito e a camisa serão afundadas junto com a conduta de captação. A conexão entre os trechos afundados será feita por meio de flanges. Nas juntas flangeadas, a camisa será de PEAD DN250 SDR17.

No interior da torre de captação, será instalado um anel de cloração à volta das janelas da torre. O anel de cloração é constituído por tubos PEAD DN50, fixados às paredes da torre com braçadeiras.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		07/05/2025	02.0	17 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

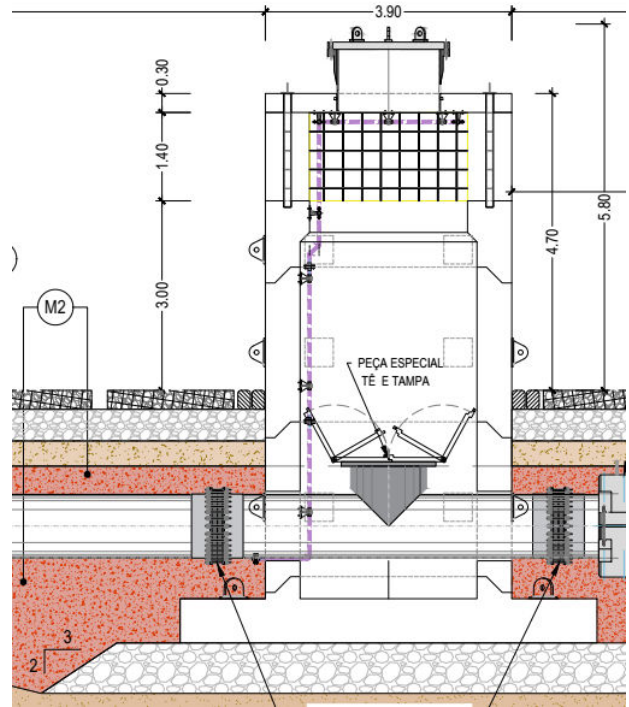


Ilustração 15. Sistema de hipoclorito de sódio nas tomadas de água.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 18 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

5. TRABALHOS MARÍTIMOS

5.1. Condutas em vala

5.1.1. Dragagem

A dragagem da vala será efectuada por uma draga de sucção com inclinação 1V:4H. A draga será alinhada com o trajeto do tubo que avança para o mar. O comprimento da vala dragada em cada ciclo deve ser suficiente para garantir uma instalação segura da tubagem. O fundo da vala deve ser nivelado e desobstruído de qualquer obstáculo antes da instalação do tubo.

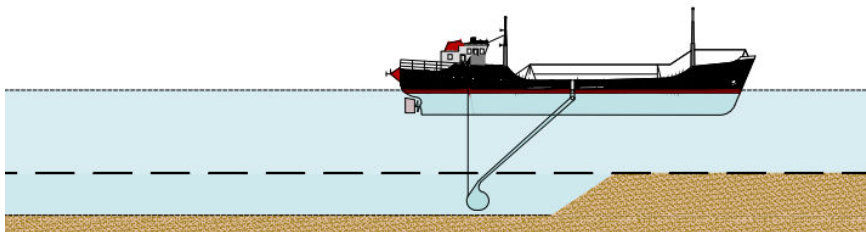


Ilustração 16. Dragagem para à instalação das condutas.

É permitida uma tolerância de dragagem. Tendo em conta a natureza arenosa do fundo do mar, pode ser aceite uma tolerância vertical de 0,30 m abaixo do nível de projeto. Não são aceitáveis desvios de dragagem acima do nível de projeto. Uma vez que não existem instalações nas imediações da área da vala, será aceite uma largura excessiva até 5,0 m.

5.1.2. Afundamento das condutas

5.1.2.1. Conceção preliminar do afundamento e das ligações

As condutas marítimas de PEAD serão colocadas em secções de até 250 m de comprimento, seguindo o procedimento de inundação progressiva.

Uma vez posicionada cada secção, esta será flangeada à anterior com o apoio de mergulhadores.

5.1.2.2. Lançamento e transporte dos tubos

As seguintes tarefas devem-se realizar previo ao lançamento dos tubos:

- Colocação de lastros
- Nivelção da cama de apoio na vala
- Instalação de blocos na conduta e as ancoragens necessárias
- Deslocação e posicionamento dos meios humanos e materiais, incluindo o pontão/reboque encarregado de dar a tração horizontal ao tubo.
- Verificar o correto funcionamento de todos os elementos, tais como rolos, equipamento de tração, equipamento para à centragem e o posicionamento do tubo.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 19 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

A primeira secção deve então ser lançada por meio da rampa de lançamento prevista na costa. Para o efeito, deve ser utilizado um equipamento auxiliar de tração no lado do mar ligado ao início do trem de tração da secção e um equipamento de travagem em terra para regular a velocidade de lançamento da conduta.

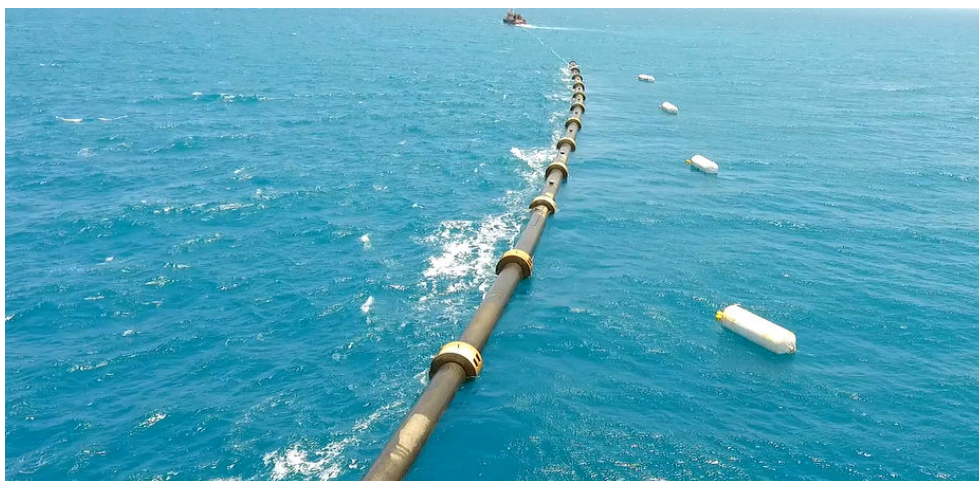


Ilustração 17. Exemplo do transporte em flotação do tubo PEAD com os lastros instalados

Uma vez flutuando, a linha deve ser transferida para o local definitivo por meio de um rebocador adequado e de uma embarcação auxiliar encarregada de dirigir a popa da conduta rebocada, utilizando as embarcações necessárias para garantir que o reboque se efectua em condições de segurança suficientes.

A cabeça de reboque deve garantir a estanquidade da linha, uma vez que o processo de instalação se baseia na flutuabilidade da tubagem. Deve igualmente dispor de válvulas de entrada de água e de saída de ar que permitam o alagamento progressivo da tubagem durante o afundamento.

5.1.2.3. **Colocação das condutas**

A colocação das condutas marinhas

O assentamento das condutas marinhas deve ser efectuado em secções de 250 m de comprimento. O procedimento utilizado consistirá em assentar por inundação progressiva de acordo com a sequência seguinte:

1. Posicionamento da conduta

A manobra de afundamento começará pela localização da secção na sua posição exacta à superfície, através das duas embarcações utilizadas para o reboque e de um sistema de posicionamento GPS instalado numa delas.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 20 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

2. Desmontagem da flange cega no ponto de ligação

Uma equipa de mergulhadores, contando com a ajuda dos flutuadores, removerá a flange cega temporária da extremidade do tubo a afundar, onde esse tubo vai ser ligado. A sequência a seguir é a seguinte:

- i. Abertura das válvulas na flange cega para compensar qualquer desequilíbrio de pressão.
- ii. Desaperto dos parafusos. Deve ser seguido o procedimento habitual de atuar sobre parafusos diametralmente opostos numa sequência inversa à recomendada para o aperto. Todos os parafusos retirados devem ser recuperados para inspeção (e subsequente reutilização, se for caso disso).
- iii. Instalação do flutuador. Antes de se retirarem os últimos parafusos, suspende-se a flange do flutuador para o levantar. O flutuador deve ser enchido até à flutuabilidade aproximadamente neutra do conjunto flutuador-flange.
- iv. Levantamento da flange. Os últimos parafusos devem ser retirados e a flange deve ser içada para recuperação, inspeção e posterior reutilização, se o seu estado for adequado.

3. Afundamento

Quando a tubagem estiver em posição, a extremidade em terra deve ser inundada. Como apoio a esta operação, deve ser previsto um elemento de elevação vertical como uma retroescavadora ou uma grua na extremidade inundada para guiar a conduta até à sua localização.

Durante a operação dos tramos para afundamento, o alinhamento da tubagem em relação ao eixo teórico deve ser sempre controlado. Para o efeito, deve ser colocado um alinhamento em terra (laser, estação total, etc.), que alinhe a coluna vertebral do tubo que está sendo afundado.

A tração do tubo será controlada para garantir que está correta. Desta forma, as tensões no tubo serão mantidas sob controlo, de acordo com o cálculo mecânico da colocação do tubo.

A operação deve começar na extremidade mais próxima ao solo, abrindo a válvula de entrada de água correspondente. A válvula deve permanecer aberta durante toda a operação e o ritmo de afundamento da tubagem deve ser regulado abrindo ou fechando a outra válvula de saída de ar na extremidade oposta.

As fases consideradas para a afundamento são as seguintes:

- **Transporte e inclinação**

Quando o tubo se enche de água numa das extremidades, este desce e adquire uma certa curvatura. À medida que a secção cheia de água é maior, a curvatura aumenta, sendo necessário, num dado momento, aplicar uma tensão horizontal para manter o raio de curvatura acima do mínimo recomendado.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 21 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

Esta fase termina quando a quantidade de água no interior do tubo é suficiente de forma que a extremidade do tubo toca o fundo da vala ou a superfície do fundo do mar, consoante o caso, na sua localização final.

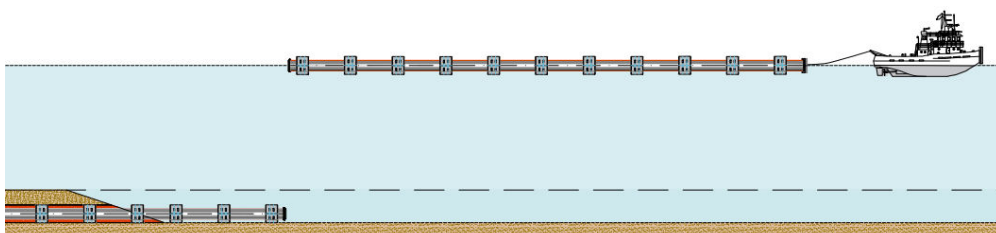


Ilustração 18. Afundamento das condutas PEAD. Fase de transporte

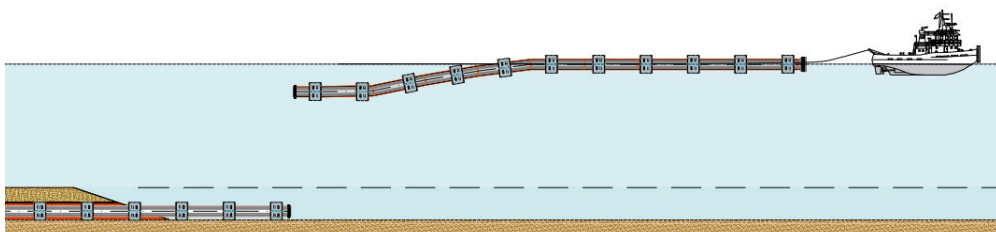


Ilustração 19. Afundamento das condutas PEAD. Fase de inclinação

- **Secção em S**

Quando a secção assenta longitudinalmente no fundo, a reação vertical do solo altera o sinal da curvatura da extremidade do tubo, que adquire a forma de um “S”.

Quando a extremidade do tubo estiver na posição correta, o processo de afundamento deve ser interrompido fechando as válvulas de saída de ar e o tubo deve ser flangeado à secção previamente instalada. Esta ligação deve ser efectuada debaixo de água com o apoio de mergulhadores. Uma vez fixada a extremidade, o resto da tubagem deve ser inundado, reabrindo as válvulas de ar na extremidade da superfície.

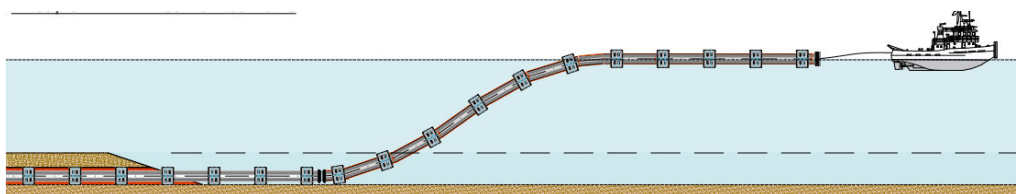


Ilustração 20. Afundamento das condutas PEAD. Secção em S

À medida que o comprimento afundado aumenta, o comprimento apoiado no fundo do mar aumenta, pelo que o “S” formado entre o fundo do mar e a superfície do mar se desloca. A forma deste “S” e a altura a que a água atinge o tubo permanecem constantes (adaptando-se, evidentemente, à inclinação do fundo do mar), sofrendo apenas uma deslocação horizontal. O mesmo se aplica às cargas e à lei dos momentos flectores.

Pode ainda ser necessário prever uma tensão horizontal para controlar a curvatura do tubo.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 22 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

- **Secção em J**

À medida que a água entra no tubo, o comprimento visto à superfície diminui até o tubo não ficar saliente na superfície. Como há uma parte do tubo ainda cheia de ar, o tubo tem um comprimento acima do fundo do mar.

O tubo comporta-se como um suporte com a sua parte extrema cheia de ar. Se a profundidade for muito grande, pode também ser necessária uma certa tração horizontal nesta fase para controlar o raio de curvatura.

Esta fase termina quando já não existe ar no interior do tubo e este assenta completamente no fundo, pelo que não existem tensões, exceto as devidas a uma eventual flexão do fundo.

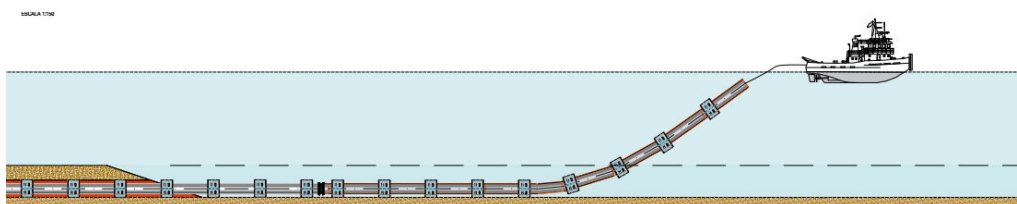


Ilustração 21. Afundamento das condutas PEAD. Secção em J

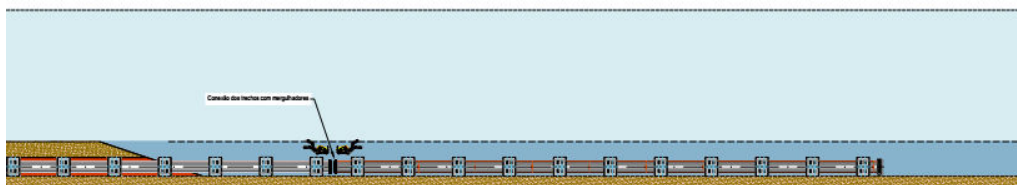


Ilustração 22. Afundamento das condutas PEAD. Condutas no fundo marinho

A operação será acompanhada por uma equipa de mergulhadores que, por razões de segurança, controlará a descida, o alinhamento com a vala e o apoio do tubo no fundo do mar.

Quando a extremidade final da conduta não fique saliente na superfície, a tensão exercida sob o tubo deve ser reduzida a zero. No final, todas as válvulas devem ser deixadas abertas para que o tubo possa libertar o ar que possa ter entrado durante a manobra.

Em caso de necessidade de reflutuação total ou parcial da secção, deve ser injetado ar. Devem existir compressores a bordo das embarcações para voltar a flutuar a conduta se a operação de afundamento tiver de ser interrompida por qualquer motivo.

Uma vez concluída a operação de afundamento, deve verificar-se a altura da conduta na sua posição no fundo do mar. Este controlo deve ser efectuado no topo da conduta por meio de um computador de profundidade de 20 em 20 metros e deve indicar a diferença relativa de altura entre estes pontos.

Depois de verificada a junta e de o tubo estar completamente assente, a vala da secção de transição pode ser fechada. Os últimos 50 m da conduta devem ficar temporariamente descobertos para facilitar os trabalhos de ligação com a secção seguinte.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 23 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

A fim de conhecer a evolução do estado do mar, a previsão meteorológica será consultada periodicamente e a evolução dos indicadores será analisada a fim de abortar a operação em caso de agravamento do estado do mar.

Cada uma das embarcações auxiliares será equipada com um sistema de posicionamento DGPS e terá a cartografia digital incorporada no sistema de navegação, na qual se reflectirão visualmente as diferentes áreas de trabalho.

5.1.3. Aterro de valas

Uma vez ligados os segmentos de tubagem e realizados e validados os ensaios dos tubos, a vala deve ser preenchida o mais rapidamente possível, de modo a cobrir os tubos e a protegê-los contra as acções hidrodinâmicas ao longo do troço dos tubos. O enchimento deve ser feito de acordo com secções transversais.

As condutas de captação e rejeição serão cobertas com uma brita ou areia grossa, sem conteúdo de finos, (material M6 seguindo os desenhos), nos primeiros metros da vala, e com um material seleccionado proveniente da dragagem, no restante da vala, a pelo menos 30 cm acima do topo das condutas (material M2 seguindo os desenhos, com as características requeridas no documento de referência AL-PRO-0000-MW-TSP-00001. Especificação técnica para a construção).

Acima destes materiais, o aterro da vala será efectuado com material proveniente da dragagem solo seleccionado, com material da própria vala (material M1 seguindo os desenhos). O material de dragagem será utilizado, usando um tubo e material de bombagem, assegurando uma descarga a baixa velocidade.

O enchimento da vala deve ser efectuado em camadas de 50 cm a 150 cm de espessura.

A extremidade da tubagem a sotamar deve ser mantida não enterrada para permitir a ligação do segmento de tubagem seguinte.

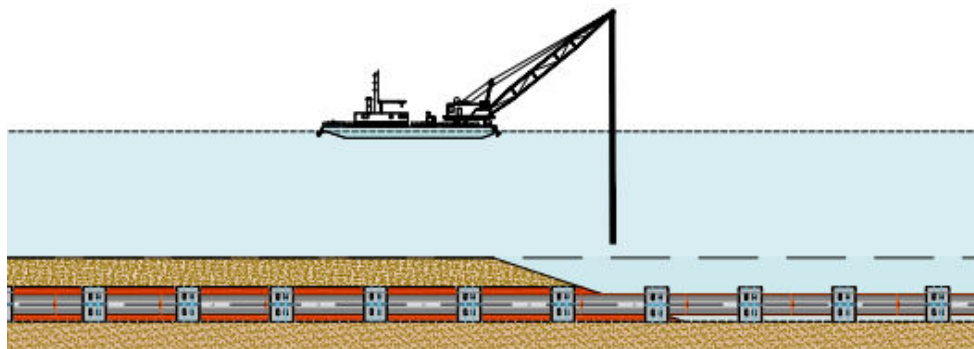


Ilustração 23. Enchimento de valas.

Nas entradas de homem, as tomadas de água e no difusor serão colocados colchões reno em seu redor para evitar a erosão.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 24 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		



Ilustração 24. Proteção contra a erosão

5.2. Tomadas de água

Nesta secção, descreve-se o processo de afundamento da torre de captação e a sua ligação à conduta PEAD previamente instalada. O projeto detalhado da torre de tomada de água pode ser consultado no documento *AL-PRO-0000-MW-CAC-00004. Cálculo de torres de captação*. É importante clarificar a ordem de correlação entre a instalação da conduta, a operação de dragagem e a instalação da torre de tomada de água. O procedimento para o afundamento da torre de tomada de água é o seguinte:

5.2.1. Preparação da camada de assentamento

O primeiro passo para a instalação da estrutura de entrada será a dragagem prévia na área onde a torre será colocada à profundidade de projeto do leito de fundação – 11,8 m NMM. A inclinação da dragagem será de 1V:4H.

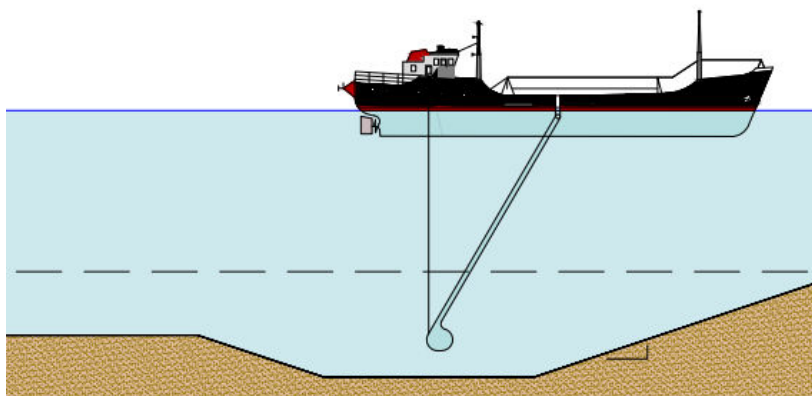


Ilustração 25. Dragagem na localização das tomadas.

Recomenda-se que a dragagem desta área seja concluída antes da instalação do último segmento da tubagem PEAD. Uma vez terminada a dragagem, será construída a plataforma de apoio para a correta fundação da torre. Este leito rochoso será formado por brita de 3 kg de peso (M5).

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 25 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

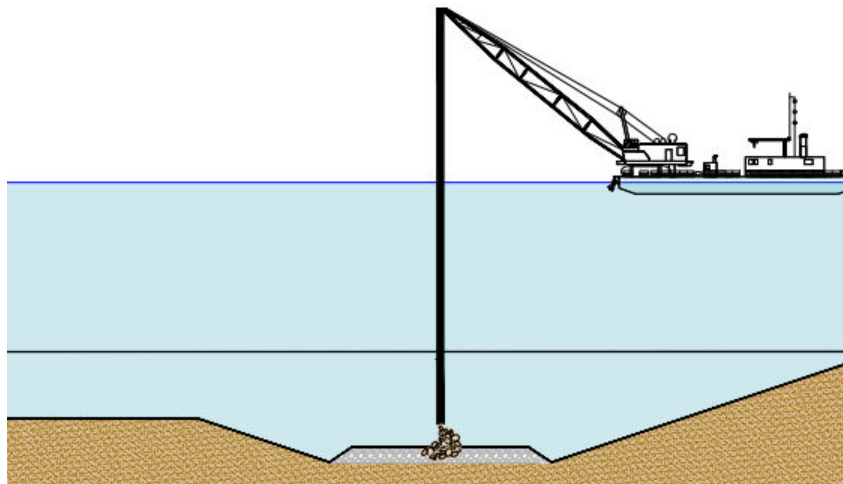


Ilustração 26. Camada de assentamento e nivelção.

5.2.2. Afundamento da estrutura da torre de captação

A estrutura da torre de admissão será instalada de forma modular, a fim de facilitar a operação e simplificar o equipamento necessário.

A estrutura será dividida em quatro módulos pré-fabricados. Estes serão transportados em barcaça ou pontão, ou em flutuação com recurso a auxiliares de flutuação até à posição final e a instalação será efectuada com recurso a uma grua e apoio de mergulhadores. A tabela seguinte mostra a altura e o peso de cada módulo que tem de ser levantado pela grua durante o processo de instalação.

Módulo	Descrição	Altura (m)	Peso (t)
1	Base	1	76
2	Parte baixa da torre com o furo para as condutas	2,7	43
3	Parte média da torre	2,7	41
4	Parte alta com as janelas e a tampa	3	32

Tabela 1. Altura e peso dos módulos das tomadas.

Os mergulhadores garantirão o posicionamento correto da estrutura na sua localização de projeto através da utilização de um sistema de posicionamento GPS e de uma embarcação auxiliar.

A sequência de instalação da torre de tomada de água pode ser observada nas figuras seguintes.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	26 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

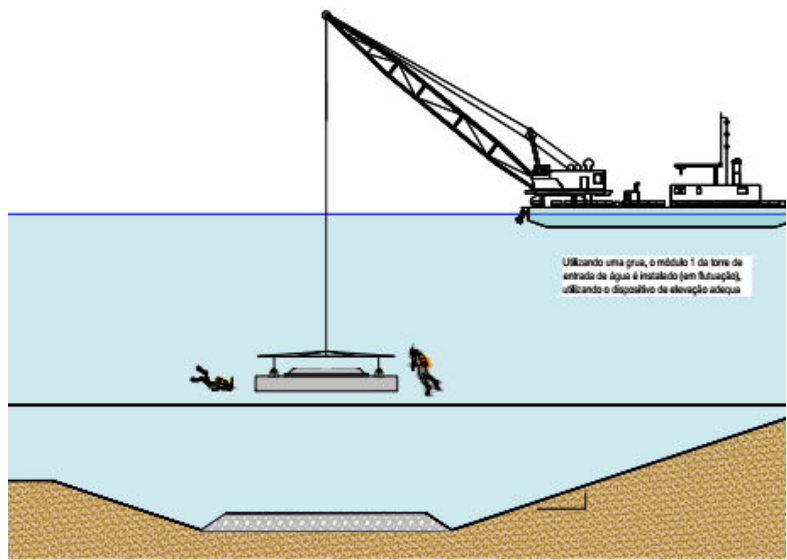


Ilustração 27. Instalação do primer módulo (base)

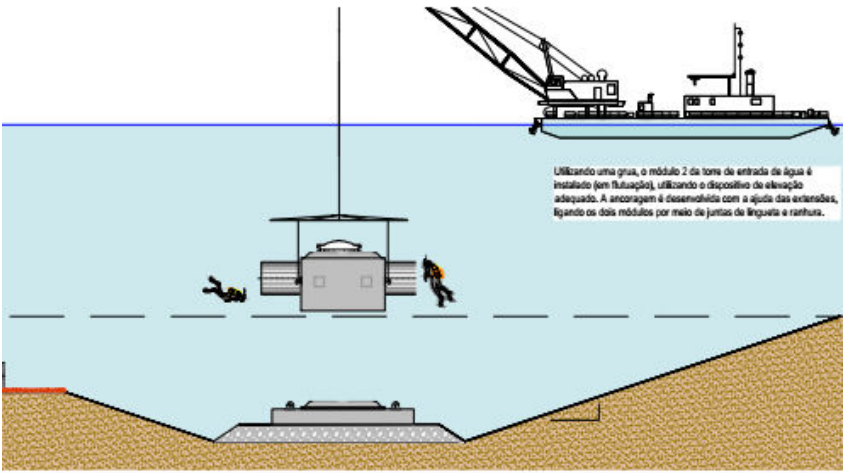


Ilustração 28. Instalação do segundo módulo da torre

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data	Rev.	Pág.
		07/05/2025	02.0	27 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

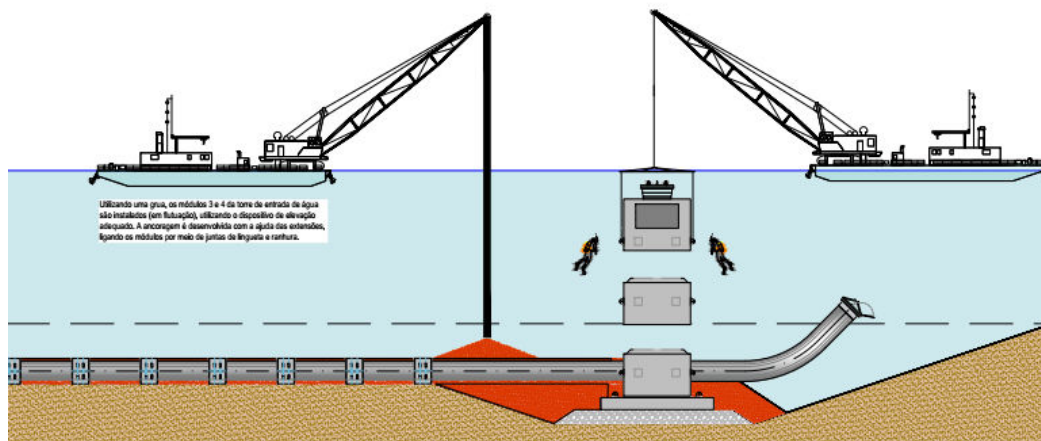


Ilustração 29. Instalação dos módulos 3 e 4

Após a colocação dos módulos, estes devem ser conectados.

5.2.3. Aterro da vala e proteção contra a erosão

Quando a estrutura da torre de tomada de água estiver completamente montada, procede-se ao fecho da vala com os materiais correspondentes, de acordo com os desenhos. A proteção contra a erosão será colocada por cima do material de enchimento. Serão colocados colchões reno sem danificar a estrutura da torre de entrada nas posições especificadas nos desenhos.

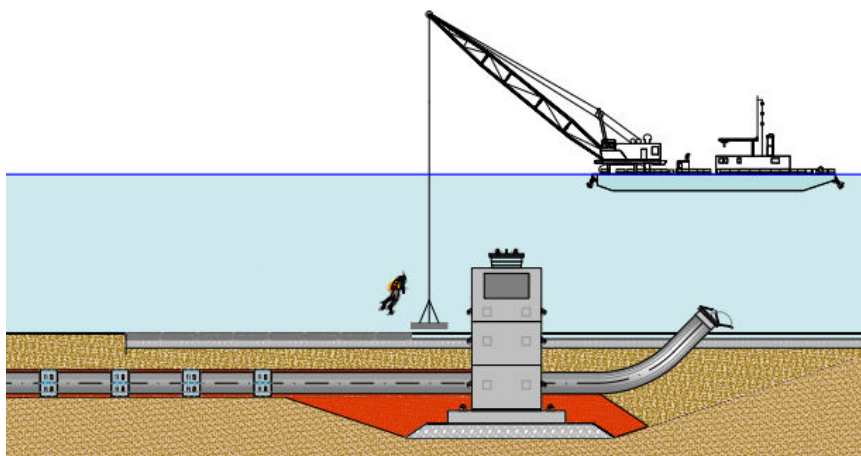


Ilustração 30. Enchimento de valas e proteção contra a erosão.

5.3. Sistema difusor

A secção do difusor será instalada quando a instalação do tubo de descarga estiver concluída. Uma camada de leito de 30 cm de espessura será previamente instalada no fundo.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 28 de 28
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-00001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-00001		

O comprimento total da secção difusora de cada tubo é de 8,0 m, mais pode variar seguindo o indicado nos desenhos. A secção do difusor será afundada de uma peça. Quando o tramo difusor estiver colocado, uma equipa de mergulhadores fará a união das juntas.

Adicionalmente, serão instalados colchões reno para proteger os difusores contra a erosão.

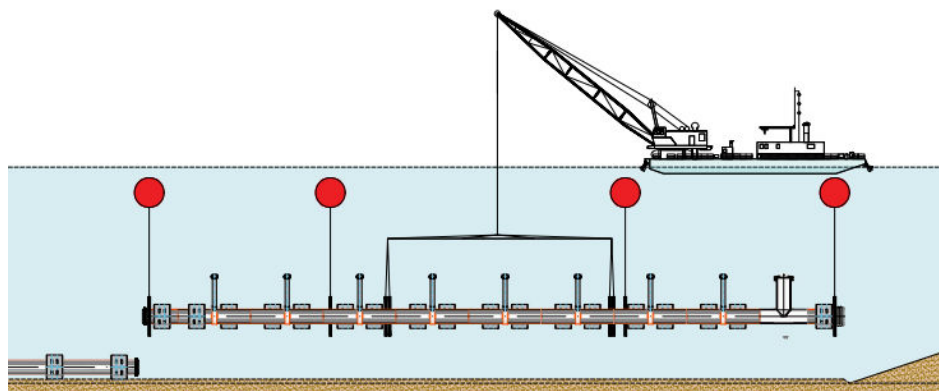


Ilustração 31. Afundamento do sistema difusor

Cliente 		Fornecedor EPC   		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	1 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

AL-PRO-0000-MW-PRC-0001

Procedimento de construção.

Apêndice 1

02.0	07/05/2025	Revisão com comentários AdA	PRO	GSI	ACE
01.0	17/02/2025	Documento inicial	PRO	GSI	ACE
Rev.	Dados	Descrição	Criado	Revisto	Aprovado

Editado para:

Informação		Compra	
Aprovação	X	Construção	
Pedido de licitação		Conforme construído	

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	2 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. ESTRUTURAS MARINHAS OBJETO DE PROTEÇÃO	4
2. METODOLOGIA	5
3. DADOS DE ENTRADA	6
4. RESULTADO	7
5. CAMADA DE FUNDAÇÃO	10
6. CONCLUSÕES	11

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	3 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

Ilustrações

Ilustração 1. Exemplo da estrutura dos colchões reno prévio ao enchimento com pedras.	4
Ilustração 2. Gráfico indicativo da estabilidade do colchão de gabiões baseado na formulação de Pilarczyk modificada para protecções de monopiles contra a erosão	8
Ilustração 3. Protecção no redor da secção do difusor	11
Ilustração 4. Protecção no redor das tomadas de água	11

Tabelas

Tabela 1. Parâmetros de cálculo gerais para a protecção contra a erosão	6
Tabela 2. Parâmetros de cálculo em cada ponto de estudo para a protecção contra a erosão	6
Tabela 3. Espessura mínima (m) do colchão reno, que garante a sua estabilidade.	7
Tabela 4. Classificação da estabilidade do colchão reno baseada na observação visual no laboratório	8
Tabela 5. Parâmetros para a comprovação da estabilidade baseado na formulação de Pilarczyk modificada para protecções de monopiles contra a erosão	9

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 4 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

1. INTRODUÇÃO

Segundo as indicações do Caderno de encargos do concurso público e da especificação técnica dos gabiões e colchões reno fornecida por Águas de Portugal, as estruturas de proteção vão consistir em colchões “Reno” de revestimento (tipo “Maccaferri”) de 30cm de espessura sobre camada de fundação em material de pedra britado com $LA < 50 \text{ MPa}$.

A pedra incluída no interior dos colchões será resistente, terá um peso volumétrico não inferior a 20 kN/m^3 e deverá respeitar a seguinte granulometria:

$$D_{\min} = 100 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 125 \text{ mm}$$

$$D_{\max} = 150 \text{ mm}$$

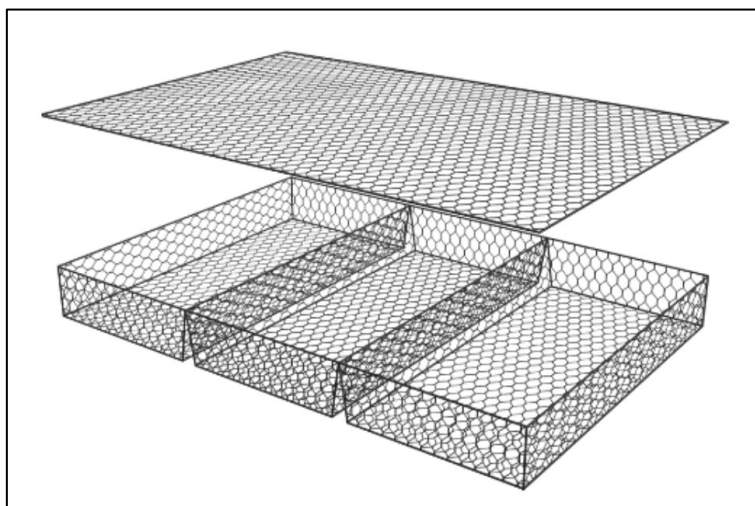


Ilustração 1. Exemplo da estrutura dos colchões reno prévio ao enchimento com pedras.

A dimensão da zona a proteger mínima é de 6 vezes a dimensão da estrutura, com o mínimo de 25 m. No entanto, a verificação dos colchões baseia-se no cálculo do diâmetro mínimo do material de aterro, que é a variável crítica para garantir a proteção contra a erosão.

1.1. ESTRUTURAS MARINHAS OBJETO DE PROTEÇÃO

As estruturas de proteção serão dispostas numa área na zona envolvente das bocas de visita, das torres de captação e dos risers dos emissários, de acordo com o Caderno de encargos do concurso público e os desenhos.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 5 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

2. METODOLOGIA

O cálculo da estabilidade das peças das estruturas de proteção a utilizar é realizado utilizando a formulação de Pilarczyk & Klein Breteler (1998), desenvolvida para proteções de revestimento em condições dominadas por correntes, que se assemelha à abordagem da estabilidade da tensão de corte do leito. Para a utilização desta formulação em condições típicas de forçamento hidráulico offshore com ondas e correntes combinadas, esta formulação é modificada.

A formulação de Pilarczyk modificada para a combinação de ondas e correntes considerando a flexibilidade do colchão como parâmetro de projeto é apresentada a seguir.

$$\frac{\Delta D_m}{f} = 0.035 \frac{\Phi}{\theta_{crit}} \frac{K_t}{K_s} \frac{u_{char}^2}{2g}$$

$$u_{char} = u_{wa;max} + K_h \cdot U_c, \quad K_h = \frac{\sqrt{2}}{\log\left(\frac{12h_w}{k_s}\right)}$$

Em que:

D: espessura do colchão (m)

Δ : densidade relativa

f: coeficiente de flexibilidade do colchão

Φ : parâmetro de estabilidade

θ_{crit} : parâmetro de Shield crítico

K_s : fator de inclinação

K_t : fator de turbulência

U_{char} : velocidade característica (m/s)

U_c : velocidade média da corrente em profundidade (m/s)

K_s : fator de translação da corrente junto ao leito (fluxo totalmente desenvolvido) (m/s)

h: profundidade da água (m)

k_s : altura equivalente de rugosidade

Os dados utilizados para o cálculo das dimensões mínimas da espessura dos colchões reno para a proteção das obras marinhas contra a erosão, apresentam-se a seguir. Os níveis de maré máximo (PM), e mínimo (BM) são diferenciados e a estabilidade dos colchões é testada para cada um destes níveis.

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 6 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

3. DADOS DE ENTRADA

Os parâmetros utilizados no cálculo são os apresentados a seguir:

	Definição	Valor
D	Espessura do colchão (m)	0,3
Δ	Densidade relativa	0,95
f	Coeficiente de flexibilidade do colchão	1
ϕ	Parâmetro de estabilidade	1
θ_{crit}	Parâmetro de Shield crítico	0,07
K_s	Fator de inclinação	1
K_t	Fator de turbulência	1,5
U_c	Velocidade média da corrente em profundidade (m/s)	0,5
K_h	Fator de translação da corrente junto ao leito (fluxo totalmente desenvolvido) (m/s)	0,55
k_s	Altura equivalente de rugosidade	0,30

Tabela 1. Parâmetros de cálculo gerais para a proteção contra a erosão

Para o cálculo da velocidade característica, e a velocidade média da corrente em profundidade, é necessário conhecer a altura de ola e o período de pico associado à mesma. Para cada estrutura foram consideradas os parâmetros correspondentes, bem como para maré alta, bem como para maré baixa.

Conduta	Estrutura	Nível do mar	Profundidade (m)	Hs (m)	Tp (s)
Captação	Tomada	BM	9,9	5,08	12
Captação	Tomada	PM	14,7	5,83	12
Captação	Entrada homem PK 0+610	BM	6,14	3,1	12
Captação	Entrada homem PK 0+610	PM	10,94	5,34	12
Captação	Entrada homem PK 1+010	BM	6,52	3,28	12
Captação	Entrada homem PK 1+010	PM	11,32	5,48	12
Captação	Entrada homem PK 1+410	BM	8,04	4,06	12
Captação	Entrada homem PK 1+410	PM	12,84	5,85	14
Captação	Entrada homem PK 1+810	BM	9,2	4,61	12
Captação	Entrada homem PK 1+810	PM	14	5,73	14
Rejeição	Difusor	BM	7,68	3,98	14
Rejeição	Difusor	PM	12,48	5,28	12
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	BM	5,26	2,27	10
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	PM	10,06	4,33	12
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	BM	5,7	2,7	10
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	PM	10,5	4,8	12
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	BM	6,29	3,18	12
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	PM	11,09	5,04	12
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	BM	7,57	3,98	14
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	PM	12,37	5,28	12

Tabela 2. Parâmetros de cálculo em cada ponto de estudo para a proteção contra a erosão

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 7 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

4. RESULTADO

O resultado obtido da aplicação da formulação de Pilarczyk modificada é a espessura mínima do colchão reno que garante a sua estabilidade sob os efeitos da dinâmica marinha. Na seguinte tabela apresentasse o valor desta espessura para a zona da captação e da rejeição.

Conduta	Estrutura	Nível do mar	Espessura mínima (m)
Captação	Tomada	BM	0,28
Captação	Tomada	PM	0,21
Captação	Entrada homem PK 0+610	BM	0,18
Captação	Entrada homem PK 0+610	PM	0,26
Captação	Entrada homem PK 1+010	BM	0,19
Captação	Entrada homem PK 1+010	PM	0,26
Captação	Entrada homem PK 1+410	BM	0,22
Captação	Entrada homem PK 1+410	PM	0,27
Captação	Entrada homem PK 1+810	BM	0,24
Captação	Entrada homem PK 1+810	PM	0,24
Rejeição	Difusor	BM	0,23
Rejeição	Difusor	PM	0,22
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	BM	0,12
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	PM	0,20
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	BM	0,11
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	PM	0,22
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	BM	0,19
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	PM	0,23
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	BM	0,24
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	PM	0,22

Tabela 3. Espessura mínima (m) do colchão reno, que garante a sua estabilidade.

Dado que a espessura mínima obtida nos cálculos é inferior ou igual à que vai se utilizar no projeto, o uso de colchões reno de 30 cm de espessura vai garantir a estabilidade das estruturas protegidas contra a erosão.

Apresenta-se a continuação o quadro de classificação da estabilidade usado para a avaliação baseada na observação visual no laboratório.

Cliente 		Fornecedor EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 8 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

Classificação da estabilidade	Descrição
1	Sem qualquer movimento; todos os colchões permaneceram perfeitamente imóveis durante o teste
2	Levantamento limitado; pelo menos um colchão em qualquer local, pelo menos uma vez durante o ensaio estava a abanar no bordo, com a elevação limitada a cerca de metade da sua altura.
3	Elevação significativa; pelo menos um colchão em qualquer local, pelo menos uma vez durante o ensaio estava a abanar no bordo com uma elevação superior à sua altura, mas sem deslizar da posição inicial
4	Elevação e deslizamento significativos; pelo menos um colchão, em qualquer local e pelo menos uma vez durante o ensaio estava a abanar na extremidade com uma elevação superior à sua altura e a deslizar da posição inicial
5	Falha total; pelo menos um colchão afastou-se completamente da sua posição inicial

Tabela 4. Classificação da estabilidade do colchão reno baseada na observação visual no laboratório

O seguinte gráfico é indicativo da estabilidade do colchão de gabiões baseado na formulação de Pilarczyk modificada para proteções de monopiles contra a erosão, que assemelha se à torre de captação e aos risers do difusor.

Os pontos de dados coloridos apresentam a classificação da estabilidade do colchão de acordo com a Tabela 4 para todos os ensaios individuais efetuados no JIP HaSPro. A linha preta sólida apresenta a formulação teórica de Pilarczyk modificada dentro dos intervalos testados de $\Delta D/f$ e U_{char} . Na zona à esquerda da desta linha, pode assumir-se que os colchões são estáveis.

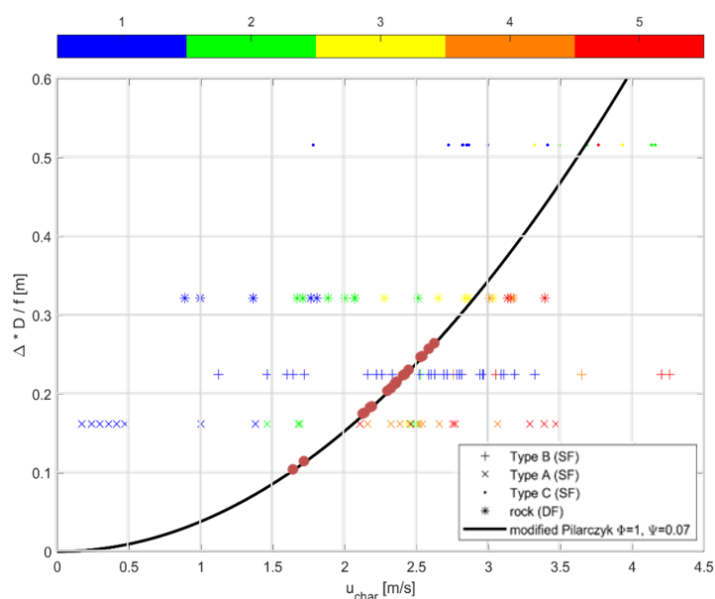


Ilustração 2. Gráfico indicativo da estabilidade do colchão de gabiões baseado na formulação de Pilarczyk modificada para protecções de monopiles contra a erosão

A continuação, se amostram os valores de entrada do gráfico, comprovando que os colchões são estáveis (ver os pontos vermelhos na Ilustração 2).

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	9 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

Conduta	Estrutura	Nível do mar	$\Delta D/f$	U_{char}
Captação	Tomada	BM	0,26	2,63
Captação	Tomada	PM	0,20	2,31
Captação	Entrada homem PK 0+610	BM	0,22	2,41
Captação	Entrada homem PK 0+610	PM	0,21	2,33
Captação	Entrada homem PK 1+010	BM	0,18	2,14
Captação	Entrada homem PK 1+010	PM	0,25	2,54
Captação	Entrada homem PK 1+410	BM	0,18	2,18
Captação	Entrada homem PK 1+410	PM	0,25	2,55
Captação	Entrada homem PK 1+810	BM	0,21	2,36
Captação	Entrada homem PK 1+810	PM	0,26	2,59
Rejeição	Difusor	BM	0,23	2,45
Rejeição	Difusor	PM	0,22	2,42
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	BM	0,11	1,73
Rejeição	Entrada homem PK 0+900	PM	0,18	2,19
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	BM	0,10	1,65
Rejeição	Entrada homem PK 1+300	PM	0,21	2,36
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	BM	0,17	2,13
Rejeição	Entrada homem PK 1+700	PM	0,21	2,37
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	BM	0,23	2,43
Rejeição	Entrada homem PK 2+100	PM	0,21	2,34

Tabela 5. Parâmetros para a comprovação da estabilidade baseado na formulação de Pilarczyk modificada para protecções de monopiles contra a erosão

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	07/05/2025	02.0	10 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

5. CAMADA DE FUNDAÇÃO

De acordo com o Caderno de Encargos, a camada de fundação dos colchões é conformado por material de pedra britado de boa qualidade, limpo e com as características seguintes:

- LA < 50 Mpa
- Granulometria. Material passado nos peneiros com:
 - Malha de 19 mm (3/4" ASTM) entre 30% e 70%
 - Malha de 0,84 mm (#20 ASTM) < 35%
 - Malha de 0,074 mm (#200 ASTM) < 10%

Cliente 		Fornecedor EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 07/05/2025	Rev. 02.0	Pág. 11 de 11
Código AdA AL-ACE-0000-MW-PRC-0001		Código ACE AL-PRO-0000-MW-PRC-0001		

6. CONCLUSÕES

Verificase que os colchões reno propostos para garantir a estabilidade das obras marinhas contra a erosão, são estáveis sob influência das ações das ondas e das correntes marinhas próprias da zona.

As ilustrações seguintes mostram a localização da proteção contra a erosão em torno das tomadas e do sistema difusor. No sistema difusor todos os colchões são tipo A, seguindo os desenhos, com dimensões de 6 x 2 m. Nas tomadas é necessária a instalação de colchões tipo B e tipo C, de dimensões de 4 x 2 m e 4 x 1,50 m, respetivamente, para a correta adaptabilidade à geometria da saída do PIG.

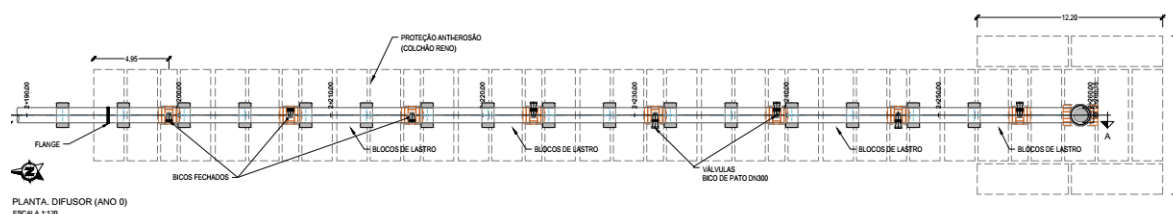


Ilustração 3. Proteção no redor da secção do difusor

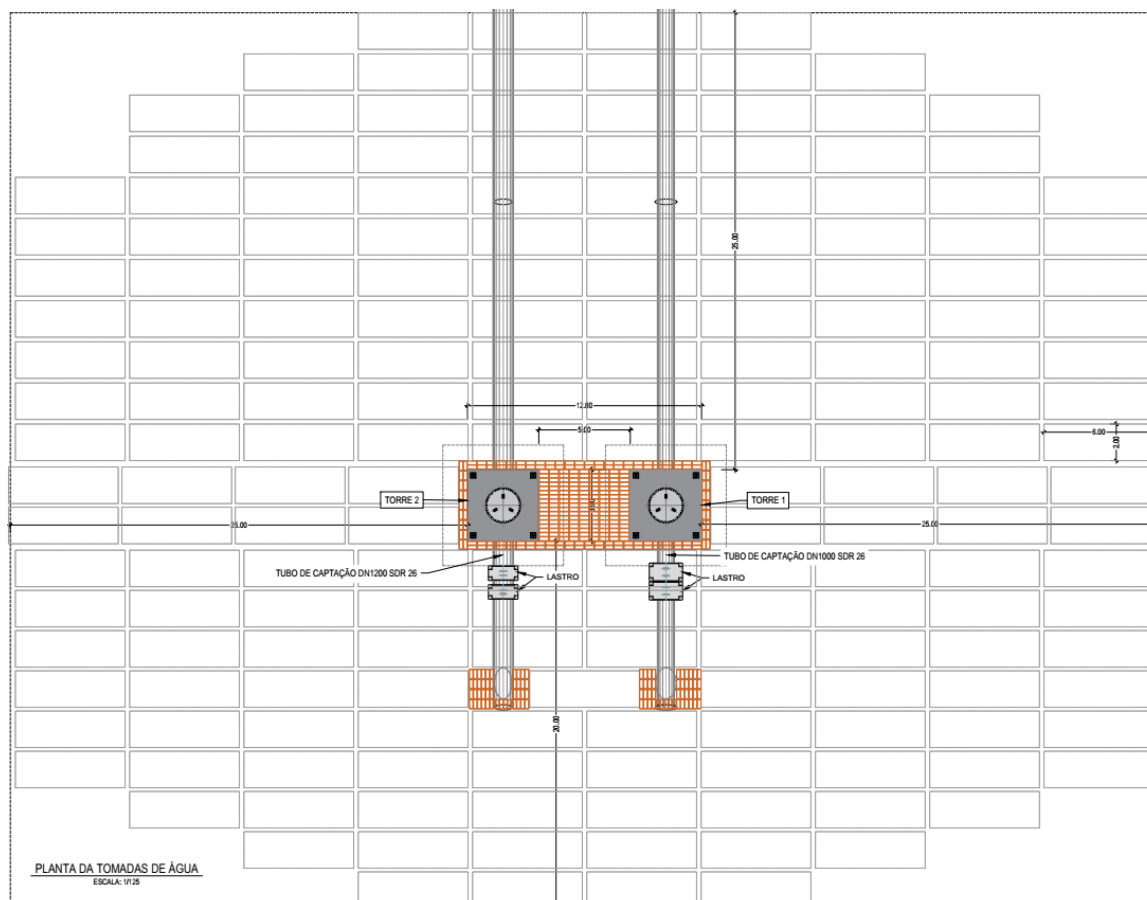


Ilustração 4. Proteção no redor das tomadas de água