U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DE QUATRO EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA NOROESTE

PEDRO TOMÉ MAGALHÃES ALVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

JULHO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

O conhecimento faz-nos responsáveis.

Che Guevara

AGRADECIMENTOS

Sendo esta dissertação a representação da etapa final da minha vida académica e o culminar de um esforço pessoal, o mesmo não seria possível sem o apoio de diversas pessoas.

Assim, a toda a minha família, em especial à minha irmã Sofia e aos meus pais Mário e Delfina, que me apoiaram e permitiram que este objetivo se tornasse numa realidade, sem eles nada disto seria possível.

Aos Professores Fernando Francisco Machado Veloso Gomes e José Tentúgal Valente pela disponibilidade, ajuda e apoio prestados, ajudando-me sempre na procura de melhores soluções, pela dedicação, preocupação e conhecimentos transmitidos ao longo deste semestre.

A todos os meus amigos, por ter tido o prazer e a oportunidade única de partilhar esta etapa convosco, foram vocês que a tornaram tão especial.

A todos os professores que tive o privilégio de encontrar, ao secretariado do IHRH e à FEUP por me terem recebido nestes últimos quatro anos.

RESUMO

A descarga de águas residuais no oceano após prévio tratamento é uma prática frequente por todo o mundo. Como o tratamento, pelos meios tradicionais e em Estações de Tratamento de Águas Residuais, envolvem custos de exploração bastante elevados, particularmente nos tratamentos secundários e terciários, assim como impactes ambientais maiores, a mobilização da capacidade auto depurativa deste meio hídrico é desejável, diminuindo o nível exigível de tratamento. Esta técnica consta na implantação de um emissário ou exutor submarino – essencialmente uma conduta que conduz os efluentes até uma determinada distância da costa, promovendo a sua diluição no meio marinho através de uma série de pequenos orifícios denominados por *"risers"*. Em Portugal, estas infraestruturas construíram-se sobretudo na década de 90 do século passado, habitualmente com uma ETAR a montante com tratamento prioritariamente primário, mas que pudesse evoluir para tratamentos mais avançados (do tipo secundário).

Sendo estas infraestruturas de grande importância, principalmente, devido às suas funções, ao elevado investimento e às dificuldades de construção que lhe estão associados, importa mantê-las em condições de segurança e exploração ao longo do seu período de vida. Na realidade, não foi uma prioridade este tipo de atuação por parte das diferentes entidades gestoras, sendo a estratégia desenvolvida na última década mais orientada para a complementaridade dos sistemas e para a necessidade, derivadas de imposições ambientais, de melhorar os sistemas de tratamento através de maiores e mais desenvolvidas etapas de tratamento.

Deste modo, sendo as infraestruturas "emissários" uma componente essencial neste género de sistemas de saneamento e havendo a certeza de algum desconhecimento do seu atual estado de funcionamento e de conservação, desenvolveu-se a presente Dissertação de Mestrado em que se procura apresentar a imagem global e atual dos Emissários Submarinos em Portugal a partir de quatro casos que serão, com certeza a imagem de muitos outros.

PALAVRAS-CHAVES: Emissário, monitorização, inspeção, manutenção, risco, desempenho.

ABSTRACT

The discharge of wastewater into the ocean and after previous treatment is a common practice all over the world. As treatment by traditional means in wastewater treatment plants involves quite high operating costs, particularly in secondary and tertiary treatment, as well as high environmental impacts, mobilization of the self-purifying capacity of this water medium is desirable by decreasing the level of treatment at the Wastewater Treatment Plant. This technique consists in the implantation of an outfall- essentially a pipe that conducts the effluents to a certain distance from the coast, promoting its dilution in the marine environment through a series of small holes called "*risers*". In Portugal, these infrastructures were built mainly in the 90s of the last century usually with an upstream WWTP with priority primary treatment, but which could evolve to more advanced (secondary type) treatments.

As these infrastructures are of high importance mainly due to their functions but also due to the high investment and associated construction difficulties, it is important to keep them in a safe and exploitable condition throughout their lifetime. In fact, this type of action by the different management entities was not a priority, and the strategy developed was more oriented towards the complementarity of the systems and the need, derived from environmental requirements, to improve treatment systems through larger and more developed ones. treatment steps.

Thus, being the "emissary" infrastructures an essential component of this type of sanitation systems and having the certainty of some ignorance of its current state of operation and conservation, we developed this Master's Dissertation which seeks to present the global and current image of the Submarine Emissaries in Portugal from four cases that will certainly be the image of many others.

KEYWORDS: Outfall, monitoring, inspection, maintenance, risk, performance

ÍNDICE GERAL

ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DE QUATRO EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA NOROESTE I

AGRADECIMENTOS I

RESUMO III

ABSTRACT V

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA 1

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO 1

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 1

2 EMISSÁRIOS SUBMARINOS 3

2.1 ABORDAGEM GERAL 3

2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL 4

2.3 CONSTITUIÇÃO E CONCEÇÃO 6

2.3.1 COMPONENTES E FUNÇÕES 6

2.3.1.1 Câmara de Carga 6

2.3.1.2 Emissário 6

2.3.1.3 Difusor 9

2.3.2 PROBLEMAS DE EXPLORAÇÃO 12

2.3.2.1 Intrusão Salina 12

2.3.2.2 Perdas de carga 13

2.3.2.3 Descargas de efluentes 13

2.3.3 MONITORIZAÇÃO 15

2.3.3.1 Inspeção e Manutenção dos Emissários 16

2.3.4 PERÍODO DE VIDA ÚTIL 17

2.3.5 ANALISE DE CUSTOS 17

2.3.6 PROTEÇÃO ESTRUTURAL 18

2.3.6.1 Abordagem Geral 18

2.3.6.2 Anéis de Contrapeso de Betão 19

2.3.6.3 Proteção com enrocamento na zona de rebentação 19

3 EMISSÁRIOS, ALGUNS EXEMPLOS 21

3.1 EMISSÁRIOS EM PORTUGAL 21

3.2 EXEMPLOS DE EMISSÁRIOS NO MUNDO 26

3.2.1 EMISSÁRIO SUBMARINO DE RAOUED – TUNÍSIA 26

3.2.2 EMISSÁRIO SUBMARINO DE EL JADIDA - MARROCOS 27

3.2.3 EMISSÁRIO SUBMARINO DE SIDI BERNOUSSI, CASABLANCA 28
3.2.4 EMISSÁRIO SUBMARINO DE TANGER-PORT – MARROCOS 28
3.2.5 EMISSÁRIO SUBMARINO DE ANZA, AGADIR 29
3.2.6 ACIDENTE OCORRIDO 30
4 CASOS DE ESTUDO 33
4.1 INTRODUÇÃO 33
4.2 EMISSÁRIO SUBMARINO DE GAIA LITORAL 34
4.2.1 LOCALIZAÇÃO 34
4.2.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO 35
4.2.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO 36
4.2.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA 36
4.2.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO 37
4.2.6 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO 39
4.3 EMISSÁRIO SUBMARINO DE ESPINHO 40
4.3.1 LOCALIZAÇÃO 40
4.3.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO 41
4.3.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO 41
4.3.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA 42
4.3.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO 42
4.3.6 TIPO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES 42
4.3.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO 42
4.4 EMISSÁRIO SUBMARINO DE MATOSINHOS 44
4.4.1 LOCALIZAÇÃO 44
4.4.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO 45
4.4.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO 45
4.4.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA 46
4.4.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO 46
4.4.6 TIPO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES 46
4.4.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO 47
4.5 EMISSÁRIO SUBMARINO DE SÃO JACINTO 47
4.5.1 LOCALIZAÇÃO 47
4.5.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO 48
4.5.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO 48
4.5.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA 48
4.5.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO 49
4.5.6 TIPO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES 49

4.5.6.1 ETAR de Cacia 49
4.5.6.2 ETAR de Ilhavo 49
4.5.6.3 ETAR de São Jacinto 50
4.5.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO 50

5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS RECOLHIDOS 53

5.1 ANÁLISE DOS ELEMENTOS RECOLHIDOS 53

5.1.1 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO DE GAIA 53
5.1.1.1 Conclusões da análise 55
5.1.2 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO DE SÃO JACINTO 55
5.1.2.1 Conclusões da análise 56
5.1.3 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO DE ESPINHO 56
5.1.3.1 Conclusões da análise 58
5.1.4 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO DE MATOSINHOS 58

6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 59

6.1 NOTA INTRODUTÓRIA 59
6.2 PRINCIPAIS PROBLEMAS 60
6.3 DESEMPENHO 60
6.4 GESTÃO DO RISCO 60
6.5 QUANTIFICAÇÃO DO RISCO DOS EMISSÁRIOS SUBMARINOS 63

6.5.1 RISCO DE ASSOREAMENTO 63
6.5.1.2 Aplicação no emissário submarino de Gaia 64
6.5.1.3 Aplicação no emissário submarino de Espinho 65
6.5.1.4 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto 65
6.5.1.5 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos 66
6.5.2 RISCO DE AUSÊNCIA DE PROTEÇÃO CATÓDICA 66
6.5.2.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia 67
6.5.2.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho 67
6.5.2.3 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto 68
6.5.2.4 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos 68
6.5.3 RISCO DE DANOS CAUSADOS POR ARTEFACTOS DE PESCA E/OU EMBATES DE EMBARCAÇÕES. 68
6.5.3.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia 69
6.5.3.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho 69
6.5.3.3 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto 70
6.5.3.4 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos 70
6.5.4 RISCO DE DANOS ESTRUTURAIS 70
6.5.4.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia 71
6.5.4.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho 72

Aplicação no emissário submarino de São Jacinto 72
6.5.4.3 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos 72
6.5.5 RESUMO 72
7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79
ANEXOS 82
ANEXO I 83
ANEXO II 101
ANEXO III 109
ANEXO IV 125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Difusor de um Emissário Submarino (Tavares 2010) 9
Figura 2.2 - Representação esquemática de configurações nos difusores. 11
Figura 3.1 - Distribuição de população em Portugal (Recenseamentos Geral de população). 21
Figura 3.2 - Emissários submarinos em Portugal (Reis, 2010) 26
Figura 3.3 - Emissário submarino de Raoqed – Tunisia [1] 26
Figura 3.4 - Troços do Emissário submarino Raoqed – Tunisia [1] 27
Figura 3.5 - Emissário submarino de EL Jadida - Marrocos [1]. 27
Figura 3.6 - Poço de ataque do Emissário Submarino de Sidi Benoussi [1]. 28
Figura 3.7 - Emissário Submarino de Tanger-Port – Marrocos [1]. 29
Figura 3.8 - Emissário Submarino de Anza, Agadir [1] 30
Figura 3.9 - Localização do Emissário Submarino do Penco (Labbé 2011) 31
Figura 3.10 - Emissário submarino de Penco após Tsunami (Labbé, 2011) 32
Figura 3.11 - Emissário submarino de Penco após Tsunami (Labbé 2011). 32
Figura 4.1 - ETAR de Gaia Litoral e esporão de proteção ao exutor (2019) 34
Figura 4.2 - ETAR de Gaia e Litoral (2019) 35
Figura 4.3 - Emissário Submarino de Gaia Litoral (Veloso Gomes 2015) 35
Figura 4.4 - Localização de Boias sinalizadoras no emissário submarino de Gaia (Ruivo 2018). 36
Figura 4.5 - Zona bem protegida pelo colchão FlexiTex (Veloso Gomes 2015). 37
Figura 4.6 - Zona deficientemente protegida pelo colchão FlexiTex (Veloso Gomes 2015). 38
Figura 4.7 - Zona onde o colchão FlexiTex não envolve completamente o exutor (Veloso Gomes 2015). 38
Figura 4.8- Box culverts (Veloso Gomes 2015) 39
Figura 4.9 - Proteção provisoria com enrocamento a norte do exutor (Veloso Gomes 2015). 39
Figura 4.10 - ETAR de Espinho e Emissário Submarino 41
Figura 4.11 - Área de sinalização do emissário submarino de Espinho (Ruivo 2018). 41
Figura 4.12 - Difusor 28, tamponado com fuga 43
Figura 4.13 - Difusor 20, escoamento percetível 43
Figura 4.14 - Bloco 8, avançada erosão pernos e porcas lado Sul 43
Figura 4.15 - Planta de localização(COBETAR 1996). 44
Figura 4.16 - Imagem retirada do google maps, baseada na localização apresentada pela COBETAR em março de 1996. 44
Figura 4.17 - Corte transversal do anel de afundamento(COBETAR 1996). 45

Figura 4.18 - Localização de zona de sinalização do emissário submarino de Matosinhos (Ruivo 2018) 45
Figura 4.19 - Afundamento da tubagem(COBETAR 1996). 46
Figura 4.20 - Ligação entre tramos da tubagem(COBETAR 1996). 46
Figura 4.21 - ETAR de Matosinhos, imagem retirada do Google Earth 47
Figura 4.22 - Emissário Submarino de São Jacinto 47
Figura 4.23 - Localização de boia e farolim de sinalização do emissário submarino de São Jacinto (Ruivo 2018). 48
Figura 4.24 - ETAR de Cacia, em Aveiro [4] 49
Figura 4.25 - ETAR de Ílhavo 50
Figura 4.26 - ETAR de São Jacinto [5] 50
Figura 5.1 - Ausência de proteção catódica e consequente oxidação de perno de ligação dos anéis de afundamento. 55
Figura 5.2 - Ausência de perno de ligação no anel de afundamento. 55
Figura 5.3- Imagem esquemática do difusor do Emissário de Espinho. 56
Figura 5.4 - Orifício obstruído 57
Figura 5.5 - Pernos sem proteção catódica e com bastante corrosão 57
Figura 5.6 - Redes de pesca presas ao difusor 57
Figura 5.7 - Incrustações na envolvente do orifício. 58
Figura 6.1 - Representação das etapas para a Gestão de Risco (Pires 2020) 61
Figura 6.2 - Estrutura para a Gestão de Riscos (Pires 2020) 62
Figura 6.3 - Comparação de desassoreamento da conduta entre 2015 e 2016 65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Principais diferenças entre a proteção de enrocamento de um emissário submarino e um quebramar submerso (Cardoso Gonçalves, 2016; Chaves, 2014) 20

Tabela 3.1- Emissários Submarinos em Portugal até 2002 (Maria T. Reis, 2004) 22

Tabela 3.2 - Características dos emissários em Portugal (Maria T. Reis, 2004) 24

Tabela 3.3 - Epicentro do terramoto no Chile em 2010 [2] 31

Tabela 6.1 - Níveis de probabilidade de ocorrência 63

Tabela 6.2 - Pontuação de Riscos 63

Tabela 6.3 - Escala de probabilidade de ocorrência do assoreamento. 64

Tabela 6.4 - Escala de severidade das consequências devidas à ocorrência de assoreamento não desejado 64

Tabela 6.5 - Mariz de classificação de Risco para consequências do assoreamento 64

Tabela 6.6- Escala de Probabilidade de Ocorrência de ausência de proteção catódica 66

Tabela 6.7 - Escala de Severidade das Consequências com ausência da proteção catódica. 66

Tabela 6.8 - Mariz classificação de risco para consequências da ausência de proteção catódica 67

Tabela 6.9 - Escala de Probabilidade de Ocorrência danos provocados por embarcações ou artefactos de pesca 68

Tabela 6.10- Escala de Severidade das Consequências dos danos provocados por embarcações ou artefactos de pesca 69

Tabela 6.11 - Matriz de classificação de risco para consequências dos danos provocados por artefactos de pesca e/ou embates de embarcações 69

Tabela 6.12 - Escala de Probabilidade de Ocorrência danos estruturais 70

Tabela 6.13 - Escala de Severidade das Consequências dos danos estruturais na zona de rebentação de onda 71

Tabela 6.14 - Matriz de classificação de risco para consequências dos danos estruturais 71

Tabela 6.15 - Matriz de Avaliação de Desempenho 73

Tabela 7.1 - Mapa resumo para monitorização 77

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AI – Aço Inoxidável

ARH – Administração dos Recursos Hídricos

BA – Betão Armado

CE – Comunidade Económica

CEE – Comunidade Económica Europeia

DQA – Diretiva do Quadro da Água

e. p. – equivalente de população

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EU – União Europeia

FFD – Ferro Fundido Dúctil

IHRH – Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos

INESC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores

ISO – International Organization for Standardization

MARES – Modular Autonomous Robot for Envronment Sampling

MDPE – Medium Density Polyethylene

PNUMA – Programa das Nações Unidades para o Meio Ambiente

ZH – Zero Hidrográfico

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

O crescimento populacional das cidades provocou um aumento significativo das descargas de águas residuais, acabando por ultrapassar a aptidão natural de autodepuração do meio recetor. O aumento do volume das descargas residuais e a incapacidade para as tratar de forma eficiente, provocou o aumento da poluição dos rios e praias. Para aproveitar a máxima capacidade autodepurativa do meio recetor, foram construídos emissários submarinos constituindo uma alternativa eficiente para o destino final dos efluentes residuais em regiões costeiras muito povoadas devido à grande capacidade autodepurativa da matéria orgânico no ambiente marinho. A principal função dos emissários consiste na mobilização da máxima capacidade autodepurativa do meio, situando a descarga mais distante da costa e assim, aproveitar o poder de diluição e turbulência do mar, para diminuir o nível de tratamento na respetiva Estação de Tratamento de Águas Residuais.

Como todas as estruturas sujeitas à ação da agitação marítima, um emissário submarino necessita de ser capaz de resistir à repetida ação das ondas e correntes que sobre si irão incidir. São estruturas fixadas na proximidade da costa que se alongam centenas de metros, de forma mais ou menos perpendicular à costa e estabelecidas sobre o fundo marítimo. Como são estruturas submersas, de pequena altura, evitam a colisão direta com agitação marítima ficando apenas sujeitas aos campos de velocidades gerados em profundidade pela passagem das ondas e correntes.

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O trabalho apresentado tem como principal objetivo estabelecer uma metodologia para classificar o estado dos emissários submarinos existentes em Portugal, por forma a prever qual o seu estado atual físico e do seu desempenho do ponto de vista hidráulico.

A identificação do tipo de patologias e/ou problemas existentes em cada emissário submarino é essencial no desenvolvimento do presente trabalho, de maneira a perceber se existem padrões de anomalias e no caso de existência, as razões das mesmas existirem.

Em suma, avaliar o desempenho de cada emissário submarino foi a forma encontrada para se perceber que tipo de futuro se pode esperar deste tipo de infraestruturas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação decompõe-se em sete capítulos, que se distribuem com subtemas mais específicos.

Primeiro capítulo, apresenta-se o trabalho desenvolvido, traçando-se os objetivos, a metodologia e a organização da estrutura do trabalho.

No que se refere ao capítulo dois, é realizada a descrição dos emissários submarinos e os seus constituintes, apresentando-se também todo o processo que engloba o sistema de funcionamento.

No capítulo três apresentam-se alguns exemplos de emissários submarinos em Portugal e no Mundo, assim como alguns desastres ocorridos.

No capítulo quatro são apresentados os elementos recolhidos nos quatro casos de estudo.

A análise dos elementos recolhidos é posteriormente realizada, no quinto capítulo, onde se tiram conclusões provisórias acerca dos elementos recolhidos.

Relativamente ao sexto capítulo, procede-se à avaliação do desempenho dos exutores através da metodologia, baseada numa análise de gestão do risco.

Por último, no sétimo capítulo, apresentam-se as conclusões de todo o trabalho desenvolvido ao longo do estudo. Recomendam-se medidas preventivas com vista a preservar as infraestruturas, propondo-se também, a elaboração de um plano de monitorização de forma a mitigar os problemas existentes nos emissários submarinos.

2
EMISSÁRIOS SUBMARINOS

2.1 ABORDAGEM GERAL

A descarga de efluentes residuais previamente tratados no oceano identifica-se como uma prática corrente em diversas cidades costeiras, constituindo uma solução competitiva que, quando corretamente projetada, apresenta resultados relevantes do ponto de vista económico e ambiental. (Chaves 2014)

O órgão ou a infraestrutura associada a este tipo de descarga de efluentes em meio hídrico (oceano ou curso de água) é designado habitualmente por emissário submarino ou, por vezes também assim designado, por exutor submarino.

A descarga de efluentes em meio hídrico nem sempre foi utilizada como uma boa prática, seja no oceano ou num lençol de água. As descargas eram realizadas de forma indiscriminada e sem controlo, colocando em risco a qualidade da água nas zonas costeiras e nos cursos de água, que muitas vezes transporta águas residuais sem qualquer tipo de tratamento. Os aglomerados urbanos eram de reduzidas dimensões comparativamente aos aglomerados atuais. No entanto já eram conhecidas as capacidades auto depurativas destes meios recetores (oceano e outros cursos de água).

Com o crescimento populacional verificado na área litoral de Portugal, constatou-se um aumento muito significativo do volume dos efluentes descarregados, conduzindo assim à incapacidade do meio recetor na diluição das águas residuais. Como tal, em Portugal, começou a registar-se um aumento da poluição dos trechos terminais dos rios e das praias, com a consequente existência de problemas de saúde pública e verificando-se a necessidade de pré-tratar os efluentes residuais antes da sua descarga no meio hídrico. Desta forma, tentou-se compatibilizar o nível de poluição do efluente com a capacidade autodepurativa do meio recetor. Com o decorrer do tempo, as Estações de Tratamento de Águas Residuais mostraram ser capazes de reduzir quase toda a poluição que se encontra nas águas residuais, através de uma forte evolução tecnológica neste sentido. Contudo, este processo exige um grande esforço financeiro, que permite afirmar que quanto menor se pretender descer os níveis de poluição nas águas residuais, maior será a complexidade do tratamento associado e, consequentemente, maiores serão os custos deste (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Os emissários submarinos têm como principal função, mobilizar a máxima capacidade autodepurativa do meio hídrico, colocando a descarga mais distante da costa e assim diminuir o nível de tratamento na respetiva Estação de Tratamento de Águas Residuais (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Habitualmente, a técnica de descarga em meio hídrico através de emissários, consiste na implantação de uma conduta que transporta os efluentes até uma certa distância da costa, promovendo a diluição dos efluentes no meio marinho, por intermédio de uma série de pequenos orifícios ou "risers" implantados no difusor, componente do emissário que se encontra no trecho mais a jusante do referido emissário.

É de relevada importância o desenvolvimento do conhecimento sobre o funcionamento dos emissários e as suas implicações nos sistemas costeiros, uma vez que podem fornecer a explicação de certo tipo de acontecimentos e ações que permitam tomadas de decisões que importam considerar para uma maior sustentabilidade das zonas costeiras.

2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL

"O tratamento das Águas Residuais em Portugal foi regulado através da Diretiva 91/271/CEE, de 21 de maio de 1991, de seguida alterada pela Diretiva 98/15/CE, de 27 de fevereiro de 1998, que altera o anexo I da mencionada Diretiva 91/271/CEE, no que venera os requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização e, pelo Regulamento (CE) n.º 1882/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de setembro.

Estas Diretivas foram transpostas para a legislação portuguesa, respetivamente, pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, aprovando também a lista de identificação das zonas sensíveis e das zonas menos sensíveis para o território continental, e pelo Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de novembro.

Porém, sendo que o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, incidia apenas nacionalmente e considerando a necessidade de garantir uma coordenação que permitisse o cumprimento por completo da Diretiva 91/271/CEE, o Decreto-Lei n.º 261/99, de 7 de julho, alargou às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira as obrigações contidas na mesma e alterar o anexo II do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, que diz respeito à delimitação das zonas menos sensíveis.

Mais tarde, o Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de maio, alterou o anexo II do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho relativamente à identificação e delimitação das zonas sensíveis. Em resultado das revisões periódicas das zonas sensíveis e das zonas menos sensíveis a descargas de efleuntes, o Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho, processou a revisão destas zonas e definiu para as zonas sensíveis identificadas ao abrigo do critério "eutrofização", a respetiva área de influência. Para as restantes zonas, designadas ao abrigo dos outros critérios, foi estabelecido que a área de influência deveria ser definida minuciosamente.

Em suma, o Decreto-Lei n.º 198/2008, de 8 de outubro, processou a revisão das zonas sensíveis e menos sensíveis e definiu como área de influência destas zonas a bacia hidrográfica da zona sensível, excluindo em alguns casos a bacia hidrográfica correspondente ao limite de montante da zona sensível. Paralelamente, determinou a obrigatoriedade de aplicar, simultaneamente para o azoto e para o fósforo, os requisitos a que devem obedecer as descargas de águas residuais urbanas provenientes de aglomerações de dimensão superior a 10 000 e. p., quando localizadas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização.

Identificando-se a necessidade de nova revisão da delimitação das zonas menos sensíveis, nomeadamente no que se refere às zonas designadas para a Região Autónoma da Madeira, o Decreto-Lei n.º 133/2015, de 13 de julho, eliminou da classificação como zona menos sensível as águas costeiras a norte da ilha da Madeira e de todas as águas costeiras da ilha de Porto Santo."

Tal como previamente mencionado, é no Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 junho que consta a legislação a respeitar, no que diz respeito às descargas de águas residuais urbanas, sendo os principais artigos:

Artigo 5º., nº1, *"A descarga de águas residuais urbanas só poderá ser licenciada quando se submeta a um tratamento secundário, salvo o disposto nos artigos 6.º, 7.º e 8.º A entidade licenciadora poderá permitir que a obtenção do referido tratamento seja faseada no tempo, desde que sejam respeitados os prazos mencionados no número seguinte."*

Artigo 5º., nº2- *"As entidades mencionadas no n.º 1 do artigo 4.º deverão adotar as medidas necessárias para que as descargas já existentes ou previstas à data da entrada em vigor do presente diploma sejam precedidas de um tratamento secundário dentro dos seguintes prazos:*
a) Até 31 de Dezembro de 2000, para aglomerados com um e. p. superior a 15000;
b) Até 31 de Dezembro de 2005, para aglomerados com um e. p. superior a 10000 e inferior a 15000, inclusive;
c) Até 31 de Dezembro de 2005, para aglomerados com um e. p. superior a 2000 e inferior a 10000, inclusive, quando a descarga ocorra em águas doces ou estuários."

Artigo 5º., nº3 *"Não é exigido o tratamento secundário para descargas efetuadas em cursos de água situados a uma altitude superior a 1500 m, desde que, dentro dos prazos mencionados no número anterior, sejam previamente submetidas a qualquer outro tipo de tratamento que a entidade licenciadora considere adequado para a proteção do ambiente."*

Artigo 5º., nº4 *"Os requisitos a que devem obedecer as descargas de águas residuais urbanas provenientes das estações de tratamento a que se referem os n.os 1, 2 e 3 deste artigo são os constantes da alínea B) do anexo I ao presente diploma."*

Artigo 6º., nº1 "*A descarga de águas residuais urbanas provenientes de aglomerados com um e. p. superior a 10000 em zonas sensíveis só pode ser licenciada quando aquelas águas se submetam a um tratamento mais rigoroso do que o mencionado no artigo 5.º, satisfazendo as condições previstas na alínea B) do anexo I ao presente diploma."*

Artigo 6º., nº2 "*O cumprimento das condições referidas no número anterior pode ser dispensado quando se demonstre perante a entidade licenciadora que a percentagem mínima de redução da carga total de todas as estações de tratamento dessa zona é de pelo menos 75% quanto ao fósforo total e de, pelo menos, 75% quanto ao azoto total."*

Artigo 6º., nº3 "*O prazo para adaptação, por parte das entidades mencionadas no n.º 1 do artigo 4.º, do cumprimento das condições mencionadas no n.º 1, relativamente a descargas provenientes de aglomerados com mais de 10000 e. p., desde que já existentes ou previstas à data da vigência do presente decreto-lei, termina em 31 de Dezembro de 1998."*

Artigo 6º., nº4 *"Ficam sujeitas ao disposto nos números anteriores as descargas das estações de tratamento que, não se localizando em zonas sensíveis, contribuam para a sua poluição."*

Artigo 6º., nº5 "*As descargas de águas residuais urbanas provenientes de aglomerações de dimensão inferior a 10000 e. p., quando localizadas em zona sensível ou na respetiva área de influência, podem ser sujeitas aos requisitos aplicáveis às descargas de águas residuais provenientes de aglomerações de dimensão superior a 10000 e. p. sempre que, no contexto local em que se inserem, seja necessário cumprir outras diretivas comunitárias e ou objetivos de qualidade para o meio recetor fixados pela legislação vigente."*

Na simplificação destas transições e em resumo, pode concluir-se que não existe em Portugal legislação ou regulamentação específica quer para a construção quer para a exploração e o desempenho de infraestruturas de descarga de águas residuais em ambiente marinho ou outro. São consideradas como adequadas as diferentes regras e princípios gerais relacionadas com os conhecimentos adquiridos nas diferentes tecnologias de construção nas componentes referentes a obras marítimas.

2.3 CONSTITUIÇÃO E CONCEÇÃO

2.3.1 COMPONENTES E FUNÇÕES

Do anteriormente referido, pode concluir-se que a parte principal de um "Emissário Submarino" consiste na conduta de descarga dos efluentes em fundos marítimos. Todavia, este componente constitui apenas a conduta de transporte. Neste sistema, há a considerar e salientar várias componentes de relevada importância, nomeadamente como: (Freire 2013, Cardoso Gonçalves 2016)

- Câmara de carga – elemento regulador da energia, garantindo que todo o escoamento se processe em carga;
- Emissário – elemento que transporta as águas residuais até ao local de descarga;
- Difusor – componente responsável pela fase final do sistema, constituído por orifícios e "*risers*" estrategicamente distribuídos, através dos quais é possível a dispersão do efluente no meio oceânico.

2.3.1.1 Câmara de Carga

Este elemento é o principal responsável pela estabilização da linha de energia. Este processo obriga a que sejam calculadas todas as perdas de carga do escoamento, para assim se precisar a cota mínima levando ao funcionamento correto do sistema. De uma forma básica, pretende-se garantir a montante a energia necessária para que o escoamento seja capaz de vencer todas as perdas de carga existentes, garantindo o caudal e a velocidade mínima, realçando que, o não cumprimento do nível mínimo de exploração da câmara de carga, não interrompe o funcionamento do sistema, apenas não são apresentados os melhores resultados no que diz respeito à velocidade de projeto e à diluição do efluente. A exploração da câmara de carga, deverá equilibrar as flutuações de efluente tratado com o volume disponível na Câmara de Carga.

Para meios em que os aglomerados populacionais são de reduzidas dimensões, com caudais normalmente baixos, o bom funcionamento deste tipo de sistema fica dificultado. Para solucionar este tipo de situação, poderiam ser utilizados diâmetros mais pequenos ou permitir velocidades de escoamento baixo. No entanto, esta diminuição de velocidade provocaria a ocorrência de problemas de sedimentação ou acumulação de gordura no interior do emissário, o que seria bastante problemático para o bom funcionamento da estrutura. A solução mais indicada seria criar um sistema que funcionasse de forma intermitente, mas com problemas acrescidos de intrusão salina no interior do emissário, em resultado da ocorrência de intervalos de tempo em que não se encontra em funcionamento.

Em geral, o funcionamento gravítico apenas é possível através de um sistema de bombagem à cabeça, que artificialmente fornecesse energia ao sistema, o que se torna mais dispendioso devido aos custos energéticos associados e aos problemas de manutenção dos grupos eletromecânicos. Contudo, por razões geográficas, a cota mínima de exploração da câmara de carga raramente é garantida sem auxílio destes grupos.

2.3.1.2 Emissário

Como já previamente mencionado, de uma forma resumida, o emissário é o elemento responsável pelo transporte do efluente da câmara de carga até ao difusor. Esta parte da infraestrutura carece de maior atenção no ponto de vista estrutural e construtivo, sendo que será a componente mais exposta às solicitações provocadas pela agitação marítima e condições geológicas locais. O custo da conduta propriamente dita, é ofuscado pelo custo das medidas de proteção estrutural e de todo o processo inerente à execução da construção.

2.3.1.2.1 Profundidade de descarga e comprimento

Habitualmente, com o intuito de maximizar a diluição inicial, evitar que os efluentes descarregados pelos jatos atinjam a superfície da água e fazendo com que a mancha de esgoto permaneça submersa, é necessário que as descargas não sejam efetuadas a profundidades inferiores a 20 m. De referir que, o comprimento do emissário e a profundidade da descarga relacionam-se através da topografia. Note-se, também, que as concentrações bacteriológicas inferiores a valores previamente fixados, de acordo com a utilização das águas, devem estar asseguradas pela diluição do efluente que consequentemente deve ser assegurado pelo comprimento do emissário (Cascaes 1991).

A dispersão horizontal e o fator de inativação bacteriológica, são os únicos fatores influenciados pela distância do ponto de descarga e a zona costeira em estudo. Sendo reduzido o efeito da distância no fenómeno de dispersão horizontal, pode considerar-se o mesmo independente da distância à costa. Deste modo, a estimativa preliminar do comprimento do emissário submarino torna-se mais simples(Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.1.2.2 Localização do emissário

A localização do emissário submarino deve ser devidamente analisada, sendo que este causa um forte impacte ambiental no local onde for instalado. Assim, deverá procurar-se áreas de menor sensibilidade, de modo que os danos em áreas de recreação ou em zonas de pesca sejam minimizados. Em sistemas de grandes dimensões pode subdividir-se em dois ou mais emissários, evitando-se a concentração de grandes quantidades de efluentes, em certas zonas do meio marítimo. Nestes casos, é necessário verificar a viabilidade económica e ainda procurar um local ou locais onde seja possível a aplicação de instalações de tratamento (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.1.2.3 Materiais de Construção dos Emissários

O processo de construção de um emissário submarino é algo que está sempre condicionado face à variação dinâmica das zonas costeiras, tendo de ser executado de forma estratégica. A execução do assentamento faseado deve ser compatível com a capacidade construtiva do construtor, viabilizando a conclusão da obra no período estimado e custos previstos.

Espera-se conformidade estratégica na compatibilização das matérias da tubagem, dos tipos de suportes, dos tipos de juntas, dos equipamentos e técnicas desenvolvidas e disponibilizadas pelas entidades na realização dos trabalhos.

Este tipo de obra envolve a participação de várias vertentes construtivas, onde se poderá relacionar a qualidade de execução e segurança, com flexibilidade do projeto de execução de modo a surgirem preços mais competitivos (Chao 1978, Cardoso Gonçalves 2016).

É de realçar ainda a diversidade de materiais possíveis de utilizar na construção de um emissário submarino. A seleção dependerá de fatores económicos, tecnologia de assentamento das condutas existente por parte do empreiteiro e disponibilidade de material no local da construção. Este tipo de escolha poderá condicionar o processo de execução, sendo que o inverso também se poderá verificar, notando-se que existem processos constitutivos que exigem certos comportamentos da conduta, que só são possíveis, com certas características dos materiais em questão, sendo por vezes necessário explorar as capacidades dúcteis dos materiais. Identificam-se os materiais mais utilizados em emissários submarinos (Chaves 2014):

- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Aço inoxidável (AI);
- Ferro Fundido dúctil (FFD);
- Betão Armado (BA);
- Plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV);
- Túnel escavado sobre rocha;

Salienta-se que o polietileno de alta densidade (PEAD) é o material que melhor se adequa a este tipo de estrutura submarina, devido a apresentar uma maior variedade de vantagens técnicas relativamente aos outros materiais também utilizados. É por isso o material mais comum em estruturas de emissários submarinos. É um material com uma capacidade de adaptação ao solo admirável, apresentando uma boa mecânica estrutural quando assente em solos rochosos, estando sujeitos a movimentos relativos de maciços rochosos, tanto como em solos arenosos, estando sujeitos a fenómenos erosivos. A sua união "topo a topo" através de soldadura realizada "*in situ"*, possibilita o transporte de troço a troço, facilitando assim a execução do emissário submarino, sendo que a conduta é transportada troço a troço da fábrica de fabrico (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.1.2.4 Técnicas de instalação

A instalação de emissários submarinos pode ser abordada por três métodos diferentes consoante as caraterísticas do material preconizado:

- Condutas de aço soldadas e revestidas de betão – transportadas para o local de assentamento, junto ao fundo oceânico, com força de impulso controlada;
- Condutas de betão e ferro fundido – afundadas uma a uma ou em secções;
- Condutas de polietileno ou polipropileno de alta densidade – quase sem juntas, leves e flexíveis, sendo rebocadas pela superfície em diversas condições marítimas, permitindo grandes intervalos de tubagem e facilidade na submersão com precisão significativa.

Recorrendo-se a dados históricos sobre as condições marítimas do local, nomeadamente intensidade e frequência de ventos e intensidade e frequência de ondas, pode-se minimizar custos de construção, prevenção de perdas e imprevistos. É importante optar por um dado material e método executante, de maneira a minimizar o tempo de trabalho aquático e subaquático em mar aberto, reduzindo os riscos, imprevistos e custos. Por isso, é de levada importância ter em conta as condições marítimas e climatéricas do local, na escolha do material da tubagem e da técnica de instalação a adotar (Cardoso Gonçalves 2016).

Após os anos 60 do século XX, alguns países do Norte da Europa começaram a utilizar emissários submarinos em polietileno de alta densidade (PEAD), com as tubagens iniciais produzidas numa extensão máxima de 12 m e submergidas através da passagem de água numa extremidade e libertação de ar na outra. Foram expostas várias técnicas anteriores, mas sem sucesso, apresentando várias deficiências no que diz respeito às ligações de troços com menor extensão à acima referida. No entanto, com o aparecimento da soldadura topo a topo, prática comum em tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD), os problemas de soldadura deixaram de ser problemas (Cardoso Gonçalves 2016).

A *Pipelife Norge As*, uma das empresas especialistas na execução de tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD), utilizando a técnica anteriormente referida, criou condutas até 500 m de comprimento e com diâmetros dos 50 mm a 1600 mm. O assentamento das tubagens é realizado através da força gravítica, da pressão do ar e de impulsão. A execução de emissários submarinos em polietileno

de ata densidade (PEAD) encontra-se escrita e detalhada num manual disponibilizado pela empresa (Pipelife Norge 2002), contendo as várias etapas de execução (Freire 2013):

- Transporte das tubagens (comprimento entre 400 m e 600 m), para o estaleiro de montagem;
- Colocação de anéis (montagem no estaleiro ou no mar), com um espaçamento antecipadamente determinado. As tubagens dimensionam-se para flutuar com os anéis instalados, quando preenchidas por ar no interior;
- Instalação de flanges cegas nas extremidades. É colocada uma válvula na extremidade de saída, com a função de controlar a saída de ar;
- Afundamento das tubagens, é realizado no seguimento da montagem de todos os troços, controlada através de boias. No interior da conduta é utilizado um manómetro para efetuar o controlo da pressão;
- Formato em "S" do perfil da conduta em afundamento, que expressa o equilíbrio de forças ascendentes (situação da hidrostática no trecho com ar) e descendentes (peso estrutural do trecho já preenchido com água).

2.3.1.3 Difusor

O difusor é um órgão que se encontra na fase terminal de todo o sistema. Representa o último contacto do efluente com a conduta, antes do efluente ser descarregado e diluído no meio oceânico e é caracterizado como o instante mais importante do processo. Nele se verifica a primeira mistura das águas residuais com as águas salinas, demonstrando a capacidade do meio recetor em possibilitar o processo de mistura e de forma a não causar impactes ambientais negativos na fauna marítima. A entrega do efluente ao meio marítimo efetua-se por dispositivos "*risers*" (figura 2.1), quando o difusor se encontra enterrado, ou por aberturas, quando se encontra assente no fundo do mar (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).



Figura 2.1 - Difusor de um Emissário Submarino (Tavares 2010)

A diluição inicial é influenciada pelo número de "*risers*" que estão associados ao difusor, notando-se que, quanto maior for o número de "*risers*", melhor será a dispersão e a diluição do efluente. Um sistema de descarga mais complexo por parte do difusor é certamente uma mais-valia para a diluição das águas residuais, especialmente por se estar a interagir com uma grande massa de água marítima. Porém, do ponto de vista hidráulico, uma maior complexidade no sistema do difusor, pode trazer alguns problemas, acrescentando perdas de carga ao circuito e, por sua vez, diminuindo a regularidade de descarga de efluente pelos *"risers"*, o que poderá gerar uma menor eficiência ambiental do sistema. É necessário ainda garantir que os *"risers"* não sofram nenhuma solicitação indesejada que possa perturbar o seu

correto funcionamento de descarga de efluente, é de especial atenção que, para tal efeito, é preciso ter em conta o arrastamento destes por parte de âncoras de navios, redes de pesca, correntes, e alterações no fundo oceânico.

Segundo (Brooks 1970), é necessário que um difusor detenha várias aberturas para o exterior. Quando esta característica não se verifica, a extensão do emissário terá de ser maior para assim serem garantidas as condições adequadas nas zonas costeiras e a garantia da dispersão. Este autor sugere ainda alguns requisitos hidráulicos básicos, para o correto funcionamento deste mecanismo:

- Divisão uniforme do escoamento pelas várias saídas;
- Velocidade do escoamento adequada no difusor;
- Facilidade de limpeza;
- Prevenção da intrusão salina;
- Perda de carga total relativamente reduzida;
- Conceção adequada das saídas.

Apesar do tratamento prévio do efluente ocorrido na ETAR, este transporta, ainda, grandes quantidades de resíduos em suspensão e gordura, provocando a interrupção do correto funcionamento do sistema. Na realidade, verifica-se, ao longo dos anos, a perda de eficácia do difusor o que origina descargas irregulares do sistema. Estas interrupções esporádicas do sistema de dispersão, retratam a principal causa de problemas na diminuição das velocidades e diluição do efluente. De forma a tentar minimizar este tipo de problemas, será importante assegurar manutenção contínua dos equipamentos e das infraestruturas associadas.

2.3.1.3.1 Dispersão

As alterações no meio marinho, provocadas pela descarga de efluentes, não são de fácil perceção, visto que são inúmeras as variáveis que contribuem para tal fenómeno e de grande dificuldade o inter-relacionamento entre as mesmas. Tendo em conta tal diversidade, a maioria dos estudos e das análises focam apenas alguns métodos físicos, auxiliados por modelos simplificados (estratificação uniforme e linear, correntes paralelas ou normais à direção de descarga).

A descarga de efluentes pelos vários orifícios do difusor origina diversos tipos de escoamentos que são dependentes dos sistemas e forças envolvidas na dispersão do efluente. Os vários tipos de escoamento passíveis de serem verificados são(Cardoso Gonçalves 2016):

- Jato – escoamento resultante de um processo de descarga através da abertura ou fenda, de um fluido de densidade igual ou próxima do meio recetor. Estes podem ser divididos em dois modelos:
    - Jatos ascensionais (“buoyant jets”) – fluido descarregado submetido a uma força ascensional (impulsão), obtida pelas diferenças de densidade entre o meio recetor e o efluente. Em geral, as descargas nas zonas costeiras manifestam quantidades de movimento inicial e gradientes de densidade entre o fluido descarregado e o meio recetor;
    - Jatos simples – escoamento em forma de jato, sem desigualdades de densidade entre o efluente descarregado e o meio recetor, variando principalmente através da quantidade de movimento inicial da descarga.
- Pluma simples – escoamento onde existe apenas a força de impulsão, sendo igual a zero a massa e a quantidade de movimento no começo da descarga. Tendo em conta estas condições iniciais, pode afirmar-se que todas as variáveis do escoamento são função da força de impulsão, da viscosidade do fluido e da distância ao ponto que se efetua a descarga.

Deste modo, pode concluir-se que o jato ascensional, numa fase inicial, apresenta um comportamento semelhante ao do jato simples, já que este é, inicialmente, apenas influenciado pela quantidade de movimento do efluente. Quando é atingida uma dada distância à abertura do difusor, a quantidade de movimento reduz-se mais rápido do que os gradientes de densidade, realçando-se assim as forças ascensionais como as dominantes durante a dispersão, fazendo com que a diluição e a trajetória do jato sejam independentes da quantidade de movimento inicial. Verifica-se, portanto, um comportamento semelhante ao das plumas ascensionais, sendo que deve existir uma extensão suficiente para que o jato se desenvolva.

É de salientar que, convertendo-se o jato ascensional em pluma, uma boa parte da análise das descargas efetuadas pelos difusores calcula-se com base nas fórmulas utilizadas para a observação do comportamento das plumas. Uma vez atingida a superfície e depois da estabilização vertical, a condução do fluido torna-se independente das condições iniciais de descarga e passa a ser dependente de parâmetros ambientais, nomeadamente do grau de turbulência e das correntes marítimas existentes. A esta "nódoa" instalada no local devido mistura de fluidos, chamamos de pluma.

2.3.1.3.2 Configuração do difusor

Regra geral, para se obter a maximização da diluição inicial, é adotado um difusor com orientação perpendicular à corrente dominante. No caso de existirem correntes sem direção dominante definida (correntes multidirecionais), alguns autores sugerem que sejam utilizados difusores em forma de Y.(Cascaes 1991)

Contudo, outras configurações do difusor poderão ser possíveis em função da natureza dos fundos, da profundidade de implantação e das correntes marítimas.

A figura 2.2, representa esquematicamente algumas configurações mais usuais de difusores, no dimensionamento de emissários submarinos.

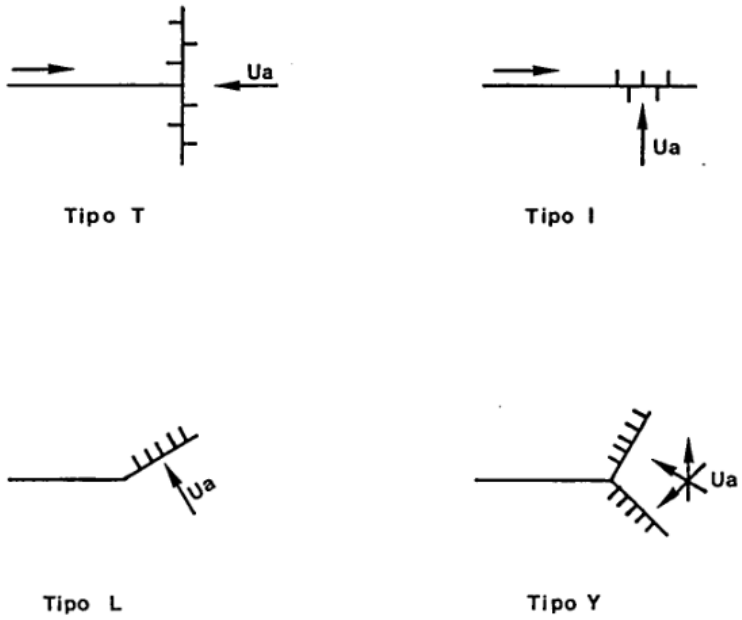


Figura 2.2 - Representação esquemática de configurações nos difusores.

2.3.2 PROBLEMAS DE EXPLORAÇÃO

2.3.2.1 Intrusão Salina

O funcionamento de um emissário submarino enfrenta alguns problemas, situando-se entre eles a intrusão salina. Tal como já foi referido anteriormente, as descargas de efluente realizadas através do exutor não são constantes durante o período de funcionamento. Por exemplo, ao existir uma diminuição da velocidade do efluente descarregado pelos jatos *"risers"*, poderá ocorrer o fenómeno de intrusão salina. Este dá origem à diminuição da secção de escoamento, provocando uma alteração global no funcionamento da estrutura, ficando diferente do previamente previsto e pretendido. A entrada de água do mar no difusor é outro acontecimento registado constantemente neste tipo de estrutura hidráulica, o que poderá dar origem ao aparecimento de colónias de seres vivos no interior do difusor. Com a intrusão salina, é acrescida uma perda de carga no circuito hidráulico, incitando uma perturbação no equilíbrio hidráulico estabelecido em projeto. Para minimizar este fenómeno, devem ser estabelecidas velocidades de descarga adequadas no emissário submarino (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

A intrusão salina é constituída por duas fases, nomeadamente a intrusão primária e a intrusão secundária. A intrusão primária constitui a passagem da cunha salina para a parte superior dos *"risers"*. Já a intrusão secundária designa-se pela entrada de água do mar no difusor. A ampliação da descarga do efluente através do exutor ajudará a remover a cunha salina, evidenciando a redução da descarga de efluente promovendo, desta forma, o aumento da cunha salina e consequente circulação de água do mar para o interior do emissário, presenciando-se assim a segunda fase da intrusão salina (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016).

A ocorrência de intrusão salina secundária, torna-se mais preocupante do que a intrusão salina primária, sendo que, na segunda fase do fenómeno, o desequilíbrio entre os caudais descarregados nos diferentes *"risers"* dão origem ao fim do correto funcionamento da estrutura hidráulica. A interrupção da descarga de efluente através do *"riser"*, dará origem à entrada e circulação de água do mar no exutor. Este acontecimento oferecerá resistência ao normal escoamento incrementando a intrusão salina no *"riser"* seguinte, consequência da diminuição de efluente descarregado (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016).

O fenómeno de intrusão salina é verificado maioritariamente nos emissários submarinos do tipo intermitente. Neste tipo de estrutura, os volumes de águas residuais diários são reduzidos, sendo que não se verifica uma descarga constante ao longo do exutor que seja capaz de satisfazer o equilíbrio hidráulico. No funcionamento do tipo intermitente, a solução passa pela construção de uma câmara de carga situada a montante do emissário e a jusante da estação de tratamento. Esta solução, é tradicionalmente usada em Portugal, originando um volume suficiente para que consiga realizar uma descarga, onde se reúna as condições adequadas para tal. Durante o processo de acumulação de águas residuais, o emissário submarino é preenchido por água do mar, proporcionando uma paragem do seu funcionamento normal.

Algumas das principais consequências relacionadas com o processo de intrusão salina consistem na (Cascaes 1991, Chaves 2014):

- Diminuição da eficiência hidráulica – na situação em que um *"riser"* interrompe o seu funcionamento, a descarga do mesmo caudal de efluente, pelos restantes, acrescentará perdas de carga;
- Diminuição da diluição inicial – o não funcionamento de alguns *"risers"* implica uma redução do comprimento efetivo do difusor, reduzindo por consequência a diluição inicial;

- Deposição de sedimentos – é originada pela faixa de água salgada que fica sob escoamento de águas residuais, provocando um aumento da floculação e impedindo a remoção de sedimentos durante os períodos de bombagem.
- Degradação do revestimento interior das tubagens – potenciada pela libertação de gases e ácidos, surgindo da mistura de água salgada com águas residuais.

Nos emissários de funcionamento intermitente, tal como já foi referido, a água do meio hídrico invade a conduta num período cíclico, ao longo dos vários anos de funcionamento correspondentes ao seu tempo de vida, fazendo com que se originem incrustações na tubagem. Perante este acontecimento, devem ser tomadas medidas preventivas, sendo a mais popular a utilização de válvulas do tipo "*duckbill"*. Estas válvulas de borracha, com uma morfologia semelhante à do bico de um ornitorrinco, de funcionamento independente e com principal objetivo de não permitir retorno de caudal. As válvulas "*duckbill"* são colocadas na extremidade das portas de descarga, normalmente através de juntas ligadas com flanges. Ao longo dos ciclos de descarga, estas válvulas são pressionadas internamente com uma pressão positiva, alterando o seu estado natural, e assim, originando a abertura de um orifício por onde autua a descarga. No término da descarga, é estabelecida a pressão exterior, suficiente para que a válvula retorne ao seu formato natural, bloqueando assim a entrada de água (Cascaes 1991, Chaves 2014).

2.3.2.2 Perdas de carga

A quantificação das perdas de carga que se verificam ao longo do processo de descarga de efluente é de importância fundamental especialmente para o dimensionamento das cotas de exploração da câmara de carga. Sob o ponto de vista hidráulico, o conhecimento pormenorizado das perdas de carga localizadas, geradas em todo o percurso do efluente ao longo do difusor, são essenciais para decifrar as condições hidráulicas em todos os *"risers"* (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Por vezes, a caracterização e contabilização das perdas de carga, resulta de extrapolações experimentais que variam conforme o autor. Esta análise, faz com que a geometria do difusor varie acentuadamente de caso para caso, reconhecendo que as consequentes perdas de carga localizadas, devem ser estudadas cuidadosamente de projeto para projeto (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.2.3 Descargas de efluentes

As alterações no meio marinho provocadas pela descarga de efluentes, não são de fácil perceção, visto que são inúmeras as variáveis que contribuem para tal fenómeno e de grande dificuldade o inter-relacionamento entre as mesmas. Tendo em conta tal diversidade, a maioria dos estudos e das análises focam apenas alguns métodos físicos, auxiliados por modelos simplificados (estratificação uniforme e linear, correntes paralelas ou normais à direção de descarga).

Na descarga das águas residuais, através de um emissário, identificam-se alguns processos físicos responsáveis pelo seu comportamento inicial, tais como:

- Quantidade de movimento (momento) – quantidade de matéria em movimento;
- Fluxo de massa – quantidade de massa de fluido que atravessa uma determinada secção do jato por unidade de tempo;
- Força de impulsão (força ascendente) – força cuja intensidade corresponde ao valor do peso do volume deslocado de fluido pelo corpo submerso, em sentido contrário e é provocada pela disparidade de densidades entre o fluido descarregado e o meio recetor, impondo desta maneira um movimento vertical do fluido.

Os diferentes fatores que influenciam as zonas costeiras como, por exemplo, a interação ativa entre os sistemas biológicos e o meio ambiente e paisagístico, evoluem num sentido que pode provocar um colapso funcional, consequente do nível de transformação de usos do solo, da exploração dos recursos e da poluição a que se encontram sujeitos. As águas litorais e de transição são compostas por produtos orgânicos, fertilizantes e pesticidas agrícolas, metais pesados, fármacos, hidrocarbonetos, entre outros poluentes de primeira e segunda ordem.

A presença dos metais é extramente importante para os processos biológicos dos organismos marinhos, nomeadamente para a fotossíntese e para o metabolismo celular. Contudo, os metais pesados resistem à biodegradação, a sua decomposição em compostos simples, através dos micróbios, não ocorre e acabam por permanecer no ambiente por um período prolongado. A presença destes metais em quantidades elevadas torna-se tóxica danificando os órgãos vitais dos organismos superiores (ANPC 2010, Cardoso Gonçalves 2016).

Enquadrado nas "Questões Significativas para a Gestão da Água" e respondendo aos objetivos da Lei da Água, a Administração dos Recursos Hídricos do Centro (ARH Centro) compilou um conjunto de problemas associados a pressões e impactos, que se indicam (ANPC 2010, Cardoso Gonçalves 2016):

- Acidificação da água;
- Agravamento da qualidade da água devido à suspensão de sedimentos;
- Águas enriquecidas em nitratos e fósforo;
- Eutrofização;
- Poluição microbiológica;
- Poluição orgânica (CBO5);
- Poluição com metais;
- Poluição com substâncias perigosas e substâncias prioritárias (biocidas e produtos fitofarmacêuticos);
- Alterações da dinâmica sedimentar (assoreamento, erosa e composição sedimentar);
- Alterações do regime de escoamento;
- Inundações;
- Competição das espécies pelo espaço e pelo alimento, com consequente desequilíbrio das comunidades;
- Destruição/fragmentação de habitats;
- Transformação das comunidades de fauna e flora;
- Contaminação de águas subterrâneas.

Os efluentes e resíduos hospitalares, incluindo produtos resultante da sua incineração (componentes orgânicos e inorgânicos), ainda pouco motorizados, constituem impactes ambientais potencialmente graves. O depósito de medicamentos e a inclusão dos resíduos contaminados nos efluentes urbanos são particularmente gravosos, promovendo a disseminação mesmo fazendo parte das diversas origens de contaminação ambientais potencialmente graves (ANPC 2010, Cardoso Gonçalves 2016).

As zonas calmas e de sedimentos finos, normalmente ricos em matéria orgânica, são propensos à acumulação de metais pesados e de biocidas. Podendo mostrar-se particularmente perigosos sendo que os organismos vivos, principalmente os sedentários, bioacumulam e bioampliam os poluentes mencionados. Sendo importante o cumprimento ao definido pelos artigos 51º e 60º do Regime dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº22-A/2007), nomeadamente aos valores das emissões nas águas residuais e às condições impostas para a imersão de resíduos (ANPC 2010).

Quando os emissários submarinos integram efluentes industriais, lixiviados de aterros sanitários, e efluentes domésticos e descarregam no mar uma mistura de matéria orgânica e produtos químicos,

ligações e agregações fortes, envolvem alguns efeitos associados tais como (ANPC 2010, Cardoso Gonçalves 2016):

- Célula - Envenenamento, danos metabólicos e celulares e mecanismos de desintoxicação;
- Organismos - Transformações fisiológicos e comportamentais, suscetibilidade à doença, redução de larvas viáveis, decréscimo da capacidade reprodutiva e reajustamento funcional;
- Comunidade - Modificações na abundância e distribuição de espécies e na biomassa. Variação das interações tróficas e adaptação do ecossistema.

A integração de análises granulométricas e geoquímicas dos sedimentos com o estudo de organismos bioindicadores, constitui uma das diversas formas de avaliação e caracterização das condições ambientais de regiões marinhas e estuarinas. Os foraminíferos bentônicos estão entre os principais organismos bioindicadores, pela sua abundância, ciclo de vida curto e alta sensibilidade, reagindo rapidamente a alterações físico-químicas, no ambiente (Cardoso Gonçalves 2016). As alterações ambientais podem ser registadas na composição de geoquímica e/ou isotópicas, sempre que possível, através de estudos da composição das suas associações e de análises tafonômicas, geoquímicas e isotópicas, de forma a entender o padrão de circulação estuarina e oceânica, reconhecer massas de água e compreender a dinâmica sedimentar local (Debenay 2001, Debenay 2002, Duleba 2003, Bonfante 2005, Armynot du Châtelet 2008, Cardoso Gonçalves 2016).

No âmbito da avaliação e monitorização da descarga de águas residuais industriais e domésticas em ambientes estuarinos e marinhos assim como a construção de pórticos e do derrame de petróleo e mais pesados (Yanko 1994, E. 1995, Burone 2006, Romano 2008, Cardoso Gonçalves 2016) foram realizados diversos estudos. A deposição da maior parte do material característico inserto na pluma, segundo (Teodoro 2009, Cardoso Gonçalves 2016), pode alterar as condições geoquímicas dos sedimentos. Podendo os valores obtidos serem indicadores do stresse ambiental.

2.3.3 MONITORIZAÇÃO

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA) explica a monitorização como um sistema de análise, de caracter cíclico, com fins demarcados, de um ou vários elementos do ambiente, em concordância com uma preparação prévia, no espaço e no tempo, utilizando metodologias comparáveis, para caracterização ambiental e recolha de dados. A Diretiva do Quadro da Água 2006/60/CE (DQA), utensílio utilizado pela União Europeia (EU), para a gestão das águas subterrâneas, das águas costeiras, águas de transição e águas superficiais interiores, refere três estados para os programas de monitorização.

- Monitorização operacional – direcionada para as áreas em risco de não ferirem os objetivos de qualidade solicitados pela DQA, permite estimar o sucesso de medidas tomadas para aperfeiçoarem uma situação;
- Monitorização de vigilância – direcionada para o desenvolvimento a longo prazo que possibilita fornecer informação sobre a situação da qualidade da água, reconhecendo a seu contexto inicial e estimando as modificações a longo termo, iniciadas por atividade natural ou antropogénica;
- Monitorização de investigação – direcionada para o entendimento e quantificação dos métodos responsáveis por demasias que levam ao incumprimento da DQA, permite estimar uma poluição acidental ou reconhecer os motivos de um problema.

Os sedimentos apresentam-se como um reservatório de contaminantes e, por sua vez, nascente de contaminantes para a água e para os seres vivos, deste modo, é fundamental monitorizar os estudos de contaminação (Muntau 1990, Loring 1991, Cardoso Gonçalves 2016).

Os veículos submarinos autónomos (VSA), pela aptidão de recolha de dados (elevada porção, essência diversa, várias funduras, celeridade) e operação relativamente simplificada, exibem uma tecnologia avançada na monitorização ambiental, especificamente na avaliação de condições de funcionamento de emissários submarinos (Ramos 2000, Cardoso Gonçalves 2016).

A monitorização através da VSA facilita a colheita de dados direcionada para a deteção e mapeamento de plumas de efluentes, procedentes de emissários submarinos. Dados como a temperatura, a condutividade e a fundura, recolhidos a partir de um sensor que contém a bordo, durante a inspeção tornam exequível o mapeamento da pluma. A tecnologia de inspeção pode amparar, de forma sustentada, o acompanhamento e a investigação da eficácia de emissários submarinos. Os resultados ao nível da deteção e mapeamento da pluma de efluente, procedente da descarga de emissários submarinos, admitem mostrar que a tecnologia poderá originar progressos relevantes no ciência dos processos hidrodinâmicos de dispersão (Pereira 2004, Cardoso Gonçalves 2016).

O VSA MARES (Modular Autonomous Robot for Envronment Sampling), criado pelo grupo de Sistemas Oceanográficos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto/INESC Porto, surge como uma tecnologia para a monitorização ambiental de emissários, identificando-se a presença de resultados recentes, que mostram a elevada precisão da sonda utilizada, permitindo identificar, de forma limpa, a extensão da pluma no meio recetor. Salienta-se que, para prever a diluição garantida pelo emissário, dado importante para a avaliação ambiental da descarga, sendo necessário complementar a informação, especificamente no que se refere á área de escoamento e à quantificação dos seus constituintes (Ramos 2009, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.3.1 Inspeção e Manutenção dos Emissários

Os emissários submarinos, tal como outras estruturas marítimas, deparam-se com a aleatoriedade da agitação marítima. A interação da agitação marítima com a constante possibilidade de que as cargas de projeto sejam excedidas não é um dos motivos principais da ocorrência de danos, neste tipo de estruturas. No ponto de vista estrutural, seguem-se os principais motivos pelos quais se devem realizar inspeções exteriores ao corpo do emissário (Chaves 2014):

- Danos estruturais, durante a construção (em áreas preservadas por enrocamento, pode suceder a perfuração da tubagem durante a descarga dos componentes do enrocamento);
- Danos incitados pela âncora de embarcações;
- Movimentações do fundo, por erosão sedimentar;
- Terramotos.

Relativamente ao funcionamento hidráulico, mostra-se que surge, com bastante frequência, o bloqueio de certos elementos do difusor, incitado pelo surgimento de objetos de grande proporção em sistemas de diâmetro reduzido, e pela aglomeração de sedimentos e gorduras, em volta do perímetro molhado do difusor. Os últimos trechos do difusor trabalham, com frequência, a velocidades reduzidas, sendo que conduzem caudais baixos, proporcionando a aptidão para autolimpeza diminuta e, consequentemente, frequentes interrupções do sistema. Salienta-se que, nos emissários de dimensões elevadas, são realizadas inspeções ao exterior e interior do difusor com a ajuda de mergulhadores e viaturas de inspeção vídeo, num processo semelhante às práticas atuais em sistemas de drenagem de águas residuais (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Quanto à limpeza de emissários submarinos, as principais estratégias consistem na procura da eliminação de sedimentos através da ajuda de alguns meios (equipamentos de raspagem mecânicos, jatos de água de alta pressão e *pigging*), ao mesmo tempo que outras se referem ao revestimento das

paredes (superfícies menos rugosas), ajudando o escoamento do efluente (Samia Chiban 2011, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.4 Período de Vida Útil

O período de vida considerado habitualmente na construção de um emissário submarino encontra-se entre os 40 e 50 anos (Cascaes 1991), apesar de que, em projetos de grandes dimensões, se considerem, circunstancialmente, uma vida útil até 100 anos (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Os custos económicos e ambientais, relacionados com as roturas ou ocorrências de danos num emissário submarino, demonstra a necessidade de elevados níveis de segurança, associados ao projeto estrutural. Estes deverão apresentar a capacidade de resistir estruturalmente à ação de episódios de extremos de agitação marítima. O emissário precisará de ter capacidade estrutural para resistir à ação de ondas de diferentes tempestades e à onde do projeto, associada a um determinado período de retorno. O período de retorno é definido de acordo com o nível de risco para cada projeto. Apesar de, na maioria dos casos, o número de anos de registo disponíveis ser significativamente inferior ao recomendado, identificando-se como prática comum, na ausência de precaução (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.5 Analise de Custos

A análise dos custos de exploração e dos custos de primeiro estabelecimento constituem as principais componentes para uma análise económica conducente à opção pelo diâmetro de um emissário submarino. O que minimiza a soma dos investimentos com os gastos de energia previstos corresponde ao diâmetro mais económico e desde que as restantes parcelas de investimento e de exploração sejam constantes ou aproximadamente. Os custos de exploração não apresentam uma variação significativa comparativamente ao diâmetro. Estes integram os custos relacionados com a energia consumida, reparação, manutenção e reposição de pequenos equipamentos. Os custos de primeiro estabelecimento constituem os custos de instalação, de sistemas de bombagem, de tubagem e da câmara de carga. Os custos relacionados com os grupos de bombagem e câmara de carga reduzem com o incremento do diâmetro (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016).

O custo de primeiro estabelecimento do emissário é dependente de diversos fatores (tipo de material e medidas de proteção necessárias, comprimento e diâmetro). Os custos da instalação de bombagem e da câmara de carga são alusivos ao caso da impossibilidade de funcionamento gravítico do emissário. O troço instalado no mar apresenta um custo condicionado pela agitação do mar, uma vez que condiciona o modo de execução podendo correr-se ou não há utilização de meios arenosos. A definição de custos circunda três estádios (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016):

- Investigação de obras anteriormente realizadas;
- Procura de expressões matemáticas que se adaptem, de modo plausível, aos dados conhecidos;
- Interpretação de resultados.

É executada uma abordagem, como aditivo às informações disponíveis, onde se estimam os custos por metro de emissário (terra ou mar) tendo em conta os trabalhos necessários à realização da obra e os preços dos materiais. Sendo integradas nesta abordagem (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016):

- Obtenção, transporte e instalação de tubagens;
- Escavação e aterro das valas;
- Estabilização da tubagem.

Relativamente ao custo do troço marítimo, este varia conforme a implantação é na zona de rebentação e em alto mar. Normalmente, a zona de rebentação, está ligada à execução de medidas de precaução acrescidas e alonga-se até, aproximadamente, 500 m da costa. Como existem perigos associados à aproximação do equipamento marítimo a terra, até à cota -2.0 m ou -4.0 m é vulgar a execução de um pequeno esporão que possibilite o uso de meios terrestres. Para cotas superiores a -2.0 m ou -4.0 m usam-se meios marítimos como (Cascaes 1991, Cardoso Gonçalves 2016):

- Batelões flutuantes;
- Dragas;
- Plataformas com pés tipo "jack up";
- Rebocadores;
- Máquinas abre-valas para trabalhos submarinos;
- Bombas de betonagem;
- Suportes de montagem de tubos no fundo do oceano.

2.3.6 PROTEÇÃO ESTRUTURAL

2.3.6.1 Abordagem Geral

Os emissários submarinos apresentam propriedades particulares. São estruturas submersas, de reduzida altura. E, assim como todas as estruturas submetidas às correntes marítimas, precisarão apresentar resistência à agitação, repetitiva, das ondas e das correntes marítimas. De forma a evitar danos, procuram escapar, em grande parte do seu percurso, ao impacto direto da agitação, ficando somente sujeitos aos campos de velocidades, gerados em profundidade, pela agitação das ondas (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

A sua segurança está ligada com a estabilização da conduta e a diminuição do seu risco de rotura. O assentamento é a situação que constitui a maior parte dos riscos para a conceção estrutural do emissário, embora possam ocorrer outras situações de risco durante a construção ou manutenção que provoquem danos à estrutura (Alvarez; C. Revilla; J.A; Medina; R. 2002, Cardoso Gonçalves 2016).

Como o peso próprio de um emissário submarino se revela insuficiente para atenuar a instabilidade que o mar provoca, são adquiridas soluções de proteção estrutural de modo a garantir a máxima estabilidade possível. Apesar de existirem diversas metodologias de proteção, a viabilidade é subordinada pelas condições geológicas e pela intensidade da agitação marítima do local (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

A análise hidrodinâmica de um emissário submarino está associada com a avaliação da resposta da estrutura às ações a que se encontra submeter, neste caso a agitação marítima e as correntes. No caso de tubagens protegidas com mantos de enrocamento, considera-se a ação do material do manto que envolve a tubagem (Neves 2004).

As ações a que os emissários submarinos estão sujeitos podem ser de várias ordens. As instabilidades podem provocadas por forças hidrodinâmicas, durante a construção (enquanto o emissário se encontra desprotegido), pelos eventuais danos provocados pela colocação do material de aterro ou pelo movimento das proteções. A verificação dos acontecimentos mencionados revela-se de particular importância em tubagens plásticas, que apresentam resistências mais baixas do que outros materiais (Alvarez; C. Revilla; J.A; Medina; R. 2002).

2.3.6.2 Anéis de Contrapeso de Betão

Caso o material constitutivo do emissário submarino seja o polietileno de alta densidade (PEAD), o peso próprio da tubagem não é suficiente para garantir a estabilidade da estrutura quando sujeita às correntes marítimas. Para impedir o seu arrasto, é indispensável emparelhar, à tubagem, elementos de contrapeso, vulgarmente em betão. Os anéis de contrapeso apresentam uma estrutura consideravelmente variável, tendo como objetivo estabelecer um ponto de equilíbrio entre formas hidrodinâmicas e a simplicidade dos métodos construtivos (elementos de cofragem) (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

O cálculo da estabilidade determina o peso a atribuir aos anéis e é executado após a definição das ações sobre o emissário e da forma geométrica dos anéis. Apesar de cada anel ser dimensionado individualmente, a utilização de diversos tipos de anel, num emissário, constitui uma solução antieconómica, pelos custos associados à execução de diversos elementos de cofragem. A escolha de um ou dois tipos de anéis conforme o comprimento do emissário constitui a solução mais económica. Caso os emissários sejam muitos extensos e com profundidades elevadas deverá ser economicamente mais vantajosa a utilização de mais do que dois tipos de anéis (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Em relação à construção dos anéis de contrapeso de betão, para toda a zona de rebentação, existe a possibilidade de desenvolver uma secção transversal modelo, adquirindo um peso máximo para o peso máximo para o manto resistente de todo o trecho de emissário submarino. Existindo também a possibilidade de utilizar duas ou três gamas de blocos, dividindo, de acordo com a força das ondas, a zona de exposição e a zona de rebentação em trechos transversais (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

2.3.6.3 Proteção com enrocamento na zona de rebentação

Na zona de rebentação, deverá ter-se em conta as diferentes condições entre secções estabelecendo-se um conjunto de soluções de dimensionamento considerando os custos económicos. Após a homogeneização das soluções encontradas, traça-se o cenário mais benéfico (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

O método de proteção estrutural mais comum dos emissários submarinos nas zonas de rebentação, consiste na instalação enterrada da estrutura. Evidencia-se que a estrutura assentar num fundo arenoso, fixada através de pórticos de ancoragem ligados ao substrato rochoso, constitui a solução mais económica, do ponto de vista estrutural e construtivo. Caso sejam emissários de grandes dimensões, mesmo que se trate de fundos do tipo rochoso, é frequente a execução de túneis na rocha, através dos quais o emissário submarino é instalado, de forma a proteger a estrutura da ação de rebentação das ondas (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016). Há também a alternativa de proteção estrutural do emissário submarino, através de uma proteção de enrocamento de disposição análogo a um quebramar submerso. Contudo, existem diferenças essenciais entre emissários submarinos e quebramares submersos, que conduzem a críticas à aplicabilidade de fórmulas no processo de dimensionamento.

A Tabela 2.1 representa as diferenças primordiais entre as duas estruturas. Destaca-se que, apesar das diferenças entre emissários submarinos e quebramares submersos, geralmente, a aplicação das fórmulas orienta a soluções conservativas, protegendo a segurança da estrutura (Chaves 2014, Cardoso Gonçalves 2016).

Tabela 2.1 - Principais diferenças entre a proteção de enrocamento de um emissário submarino e um quebramar submerso (Cardoso Gonçalves, 2016; Chaves, 2014)

Emissário Submarino (proteção de enrocamento)	Quebramar Submerso
Configuração em planta aproximadamente paralela à direção de propagação da agitação marítima.	Configuração em planta aproximadamente perpendicular à direção de propagação da agitação marítima.
Apresenta, como objetivo, a dissipação de energia, para proteção do emissário submarino localizado no seu núcleo.	Apresenta, como objetivo, a dissipação de energia para proteção de elementos localizados após o quebramar.
Cota de fundo e do coroamento significativamente variável de secção para secção.	Cota de fundo e do coroamento aproximadamente constante ou com uma variação reduzida.
Elevado grau de submersão	Baixo grau de submersão.

As soluções de enrocamento devem ser estudadas pelo projetista de forma a elucidar o perfil transversal mais apropriado, considerando os contextos geológicos locais, os fatores construtivos (a desocupação de blocos de dimensão ajustada na proximidade, os custos e a facilidade de transporte), a experiência local e a viabilidade económica, entre outros.

2.3.6.3.1 Riscos associados à proteção

A capacidade de resposta da costa e a dinâmica costeira influenciam os níveis de riscos, necessitando-se que sejam relacionados, nomeados e regularizados de modo a constituir um sistema costeiro único (Alves 1999, Cardoso Gonçalves 2016).

Numa análise específica, tendo em conta as normas socioeconómicas, a mediação do risco contempla resultados da análise das características, dos cenários opcionais de expansibilidade e dos graus de risco toleráveis, da vulnerabilidade, da prática do solo próximo da linha costeira (Veloso Gomes 1995, Cardoso Gonçalves 2016).

As alterações provocadas pela agitação do mar, das marés, das correntes, das cheias e dos ventos, expressas através de alterações hidromorfológicas, na linha costeira, correspondem à vulnerabilidade de uma unidade costeira relativamente às ações do mar (Veloso Gomes 1996).

A capacidade de resposta numa situação de catástrofe pode ser designada como a vulnerabilidade ambiental desse local. Quanto maior for a capacidade de resposta, menor será a vulnerabilidade ambiental desse local bem como os danos provocados (Alves 1999, Cardoso Gonçalves 2016).

Os riscos associados à proteção estrutural podem ser sistematizados em alguns conceitos:

- Risco Ambiental- designação dos possíveis efeitos adversos resultantes da exposição a perigos ambientais;
- Risco Natural- interligado com acontecimentos geofísicos extremos, causadores de danos, como resultado dos sistemas naturais e das interações na zona costeira;
- Risco Potencial- consequência aleatória, que pode encontrar-se na base do risco, face a um perigo iminente;
- Risco Induzido- risco provocado pela ação humana(Gomes 1995, Cardoso Gonçalves 2016).

3
EMISSÁRIOS, ALGUNS EXEMPLOS

3.1 EMISSÁRIOS EM PORTUGAL

Em Portugal, a maioria dos aglomerados populacionais e industriais de maior dimensão situam-se junto ao litoral, como se pode observar na figura 3.1. Deste modo a utilização do oceano e dos grandes estuários como recetor final dos efluentes tornou-se inevitável. A utilização de emissários submarinos, como dispositivo terminal, para a descarga de efluentes em Portugal tem sido uma solução adequada, sem desrespeitar as normas legais que nos faz garantir a qualidade das águas nas zonas costeiras e estuarinas (Cascaes 1991).

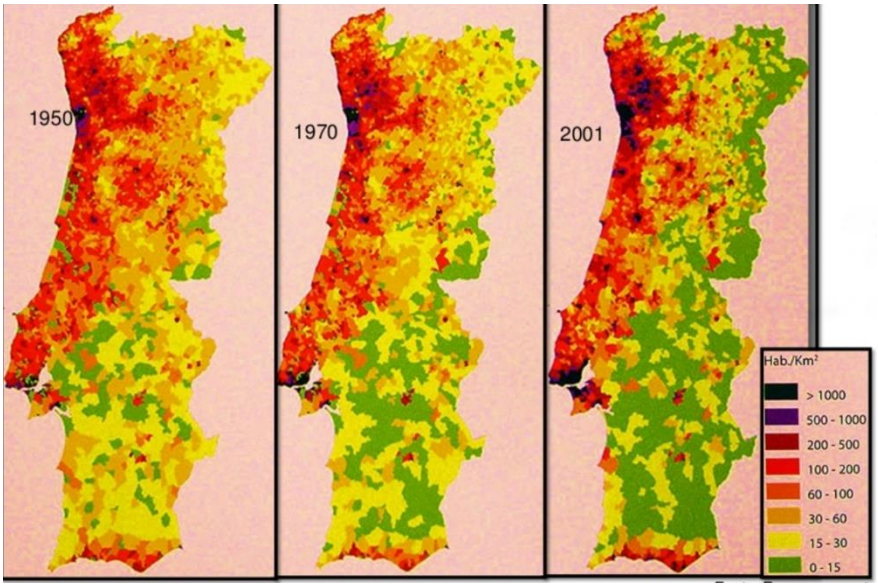


Figura 3.1 - Distribuição de população em Portugal (Recenseamentos Geral de população).

A construção de emissários submarinos foi iniciada em Portugal há mais de 40 anos, com objetivo inicial de "limpar" as zonas costeiras que registavam uma grande acumulação de efluentes descarregados a céu aberto. Nas tabelas 3.1 e 3.2 pode observar-se o estado e características dos emissários submarinos existentes em Portugal em 2002.

A figura 3.2 regista em 2010, os emissários submarinos existentes em Portugal.

Tabela 3.1- Emissários Submarinos em Portugal até 2002 (Maria T. Reis, 2004)

	Identificação do emissário	Informação		
		Entidades	Finalidade	Estado do emissário
Portugal Continental	Viana Do Castelo	Hidroprojecto PORTUCEL VIANA	Águas residuais industriais	Entrada ao serviço a 1973
	Póvoa de Varzim e Vila do Conde	PROCESL Câmara Municipal da Póvoa de Varzim	Águas Residuais urbanas	Projetado (1994)
	Matosinhos	Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento da Câmara Municipal de Matosinhos	Águas Residuais urbanas e industriais	Entrada ao serviço a 1999
	Madalena (Vila Nova de Gaia)	--	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1992
	Espinho	WW Câmara Municipal de Espinho	Águas Residuais urbanas e industriais	Entrada ao serviço a 1999
	São Jacinto (Aveiro)	SIMRIA	Águas Residuais urbanas e industriais	Entrada ao serviço a 1999
	Celbi e Soporcel (Figueira da Foz)	CELBI	Águas Residuais urbanas e industriais	Entrada ao serviço a 1995
	Nazaré	Instituto Marítimo Portuário (a pedido do Instituto Portuário do Centro)	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1988
	Foz do Arelho	WW Águas do Oeste	Águas Residuais urbanas	Construção concluída a (2001)
	Guia (Cascais)	SANEST	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1994
	Laje (Santo Amaro de Oeiras)	WW/SANEST	Águas Residuais urbanas (descarga de emergência)	Fora de serviço (1997/1998)
	Barcarena	SANEST	Águas Residuais urbanas (descarga de emergência)	Fora de serviço (1997/1998)
	Jamor	WW/SANEST	Águas Residuais urbanas (descarga de emergência)	Em serviço (1997/1998)
	Terreiro do Paço	SIMTejo	Águas Residuais urbanas	Desativado (1996)
	Sesimbra (1)	--	--	Sem informação
	Sesimbra (2)	--	--	Sem informação
	Sesimbra (3)	--	--	Sem informação
	Sines	Hidroprojeto Águas de Santo André	Julho 2002	Entrada ao serviço a 1978
	Vila Nova de Milfontes	Câmara Municipal de Odemira	Águas Residuais urbanas	Destruído (95/96 e 96/97)

	Martinhal (Baleeira)	WW Câmara Municipal de Vila do Bispo	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1988
	Carvoeiro (Lagoa)	WW	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1988
	Galé (Albufeira)	WW Câmara Municipal de Albufeira	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1989
	Vale de Faro (Albufeira)	WW Câmara Municipal de Albufeira	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1986
	Orada (Albufeira)	WW Câmara Municipal de Albufeira	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1986
	Balaia (Albufeira)	WW Câmara Municipal de Albufeira	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1986
Madeira	Santa Cruz	WW	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1999
	Caniço	WW	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1999
	Funchal	WW	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1993
	Câmara de Lobos	WW	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1994
Açores	Vila Franca do Campo (São Miguel)	WW	Águas Residuais urbanas	Sem informação
	Lagoa (São Miguel)	Câmara Municipal de Lagoa	Águas Residuais urbanas	Adjudicado a 2002
	Pranchinha (São Miguel)	PROCESL SMAS De Ponta Delgada	Águas Residuais urbanas	Entrada ao serviço a 1997

Tabela 3.2 - Características dos emissários em Portugal (Maria T. Reis, 2004)

	Identificação do emissário	Informação					
		Materiais	**Comprimento**	**Diâmetro do Emissário (mm)**	**Diâmetro Max do Difusor (mm)**	**Diâmetro Min do Difusor (mm)**	**Profundidade Máxima**
Portugal Continental	Viana do Castelo	Betão armado com alma em aço	2250	900	600	600	(-17,5 m)ZH
	Póvoa de Varzim e Vila do Conde	PEAD	2333	1000	1000	450	(-32,5 m)
	Matosinhos	Betão revestido a chapa (troço 1)/PEAD	2748	1600 (troo 1)/1200 (troço 2)	1200	450	(-27,0 m)ZH
	Madalena (Vila Nova de Gaia)	PEAD	2192	800	800	800	(-17,9 m)ZH
	Espinho	PEAD	2000	800	800	400	(-9,0 m)ZH
	São Jacinto (Aveiro)	PEAD	3389	1600	1600	1200	(-14,5 m)ZH
	Celbi e Soporcel (Figueira da Foz)	GRP/MDPE	1163+1526	1200	1200	1200	(-11,0 m)ZH
	Nazaré	PEAD	838	560	450	450	(-20,0 m)ZH
	Foz do Arelho	PEAD	2152	710	710	710	(-34,2 m)ZH
	Guia (Cascais)	FFD (Troço 1)/PEAD	900 (FFD) + 2250 (PEAD)	1800 (FFD)/1200(PEAD)	1200	800	(-41,0 m)ZH
	Laje (Santo Amaro de Oeiras)	--	--	--	--	--	--
	Barcarena	--	--	--	--	--	--
	Jamor	--	--	--	--	--	--
	Terreiro do Paço	--	--	--	--	--	--
	Sesimbra (1)	PEAD	--	--	--	--	--
	Sesimbra (2)	PEAD	--	--	--	--	--
	Sesimbra (3)	PEAD	--	--	--	--	--
	Sines	Aço revestido a betão	2432	1100	1100	1100	(-38,0)ZH

	Vila Nova de Milfontes	PEAD	1855	315	250	250	(-15,5 m) ZH
	Martinhal (Baleeira)	PEAD/FFD(difusor)	1822(16,6 m em FFD)	450	450	450	(-23,6 m) ZH
	Carvoeiro (Lagoa)	PEAD	1582	280	225	225	(-23,0 m) ZH
	Galé (Albufeira)	PEAD	1724	400	400	400	(-14,15 m) ZH
	Vale de Faro (Albufeira)	PEAD	956	400	315	315	(-7,5 m) ZH
	Orada (Albufeira)	PEAD	580	400	315	315	(-7,5 m) ZH
	Balaia (Albufeira)	PEAD/FFD(difusor)	110+1500 (Difusor: 10 m)	400	350	250	(-8,4 m) ZH
Madeira	Santa Cruz	PEAD	800	315	315	315	(-55,0 m) ZH
	Caniço	PEAD	478,5	400	400	400	(-60,0 m) ZH
	Funchal	PEAD	606	1200	1000	560	(-52,2 m) ZH
	Câmara de Lobos	PEAD	550	355	355	355	(-57,0 m) ZH
Açores	Vila Franca do Campo (São Miguel)	PEAD	1234	250	200	200	(-27,0 m) ZH
	Lagoa (São Miguel)	PEAD	468	315	315	315	(-37,0 m) ZH
	Pranchinha (São Miguel)	PEAD	852	500	500	500	(-28,6 m) ZH

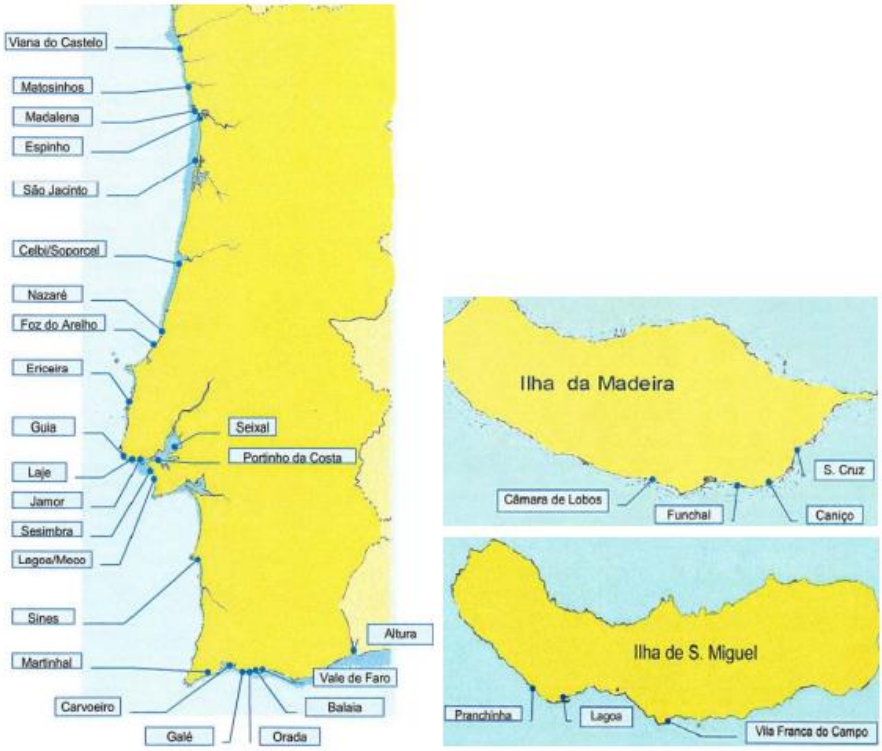


Figura 3.2 - Emissários submarinos em Portugal (Reis, 2010)

3.2 EXEMPLOS DE EMISSÁRIOS NO MUNDO

Tal como em Portugal, a utilização de emissários submarinos para rejeição de efluentes residuais pré-tratados no oceano encontram-se implantados por todo o mundo. Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos algo significativos em termos de empreendimentos de Engenharia Civil.

3.2.1 EMISSÁRIO SUBMARINO DE RAOUED – TUNÍSIA

A construção do emissário submarino de Raoued consistiu essencialmente na construção de uma câmara de carga e no fornecimento e instalação de 6.300 m (300 m em troço terrestre e 5.750 m em troço marítimo) de tubagem PEAD Ø1600 mm e um difusor com 250 m de extensão (figuras 3.3 e 3.4). Os seus fundos atingem profundidades máximas de cerca de -20 m (ZH).



Figura 3.3 - Emissário submarino de Raoqed – Tunisia [1]



Figura 3.4 - Troços do Emissário submarino Raoqed – Tunisia [1]

Como se pode depreender na figura 3.4, a construção do emissário foi realizada por troços de condutas.

3.2.2 EMISSÁRIO SUBMARINO DE EL JADIDA - MARROCOS

O Emissário submarino serve para descarregar efluentes tratados de origem mista, humana e industrial. A estrutura é constituída por três troços em PEAD DN900 mm:

- Troço em vala, com 448 m;
- Troço executado por perfuração horizontal dirigida com uma extensão de 918 m em solo rochoso;
- Troço de 720 m assente no fundo natural, com cotas de fundos a variar entre -10.20 m (ZH) e -14.00 m (ZH).



Figura 3.5 - Emissário submarino de EL Jadida - Marrocos [1].

3.2.3 EMISSÁRIO SUBMARINO DE SIDI BERNOUSSI, CASABLANCA

Emissário de descarga de efluentes tratados, constituído por:

- Um túnel:
  - Diâmetro interior 2,750 m;
  - Diâmetro exterior da tubagem 2,670 m;
  - Diâmetro interior da tubagem 2,100 m;
  - Extensão de 1057 m.
- Poço de ataque (início da construção do emissário), figura 3.6:
  - Diâmetro interno de 12,000 m;
  - Profundidade de 14,500 m;



Figura 3.6 - Poço de ataque do Emissário Submarino de Sidi Benoussi [1].

Foi realizado um reconhecimento geotécnico no início do projeto (batimetria, reflexão sísmica e refração sísmica, sondagem por amostra e ensaios mecânicos), a fim de conhecer os principais parâmetros do terreno que são de importância critica neste tipo de obra marítima.

3.2.4 EMISSÁRIO SUBMARINO DE TANGER-PORT – MARROCOS

Emissário de descarga de efluentes tratados, como uma extensão total de 2.155 m e diâmetro de 1400 mm.



Figura 3.7 - Emissário Submarino de Tanger-Port – Marrocos [1].

O emissário é constituído por:

- Troço em Vala;
  - O emissário foi instalado em vala até à cota -22.00 m ZH do fundo natural, ficando a partir deste ponto assente sobre o fundo. Como o fundo natural até à cota -22.00 m ZH é rochoso, foi necessário abrir a vala com equipamento de furação e com o uso de explosivos no desmonte de rocha [1].
- Troço Submerso;
  - A sua estabilidade é assegurada por blocos de lastragem em betão previamente instalados na tubagem no Porto de TANGER MED. A tubagem foi fabricada pela Pipelife na Noruega e rebocada em flutuação até Marrocos por rebocador de alto-mar em troços de aproximadamente 300 m, já em Marrocos foi unida à superfície em troços maiores de 600 m e 900 m e posteriormente instalados numa única operação de afundamento por troço [1].
- Difusor
  - Difusor com 14 chaminés de 240 e 280 mm de diâmetro;
  - Cota do difusor -42.00 m ZH [1].

3.2.5 EMISSÁRIO SUBMARINO DE ANZA, AGADIR

Emissário de descarga de efluentes tratados de origem mista humana e industrial em tubagem PEAD, com diâmetro de 700 mm com 2867 m de comprimento, figura 3.8.



Figura 3.8 - Emissário Submarino de Anza, Agadir [1]

O emissário é composto por três troços diferentes, sendo eles:

- Troço em vala;
  - Troço enterrado em vala com cerca de 225 m de extensão de comprimento.
- Troço em túnel;
  - Foi executado, através de uma perfuração horizontal, com cerca de 987 m de extensão;
  - Túnel com cerca de 1016 mm de diâmetro;
  - Instalação de uma conduta PEAD com 710 mm de diâmetro.
- Troço submerso;
  - Troço com cerca de 1655 m de extensão submersa;
  - Profundidades de -13.70 m (ZH) até -31.00 (ZH);
  - Troço instalado no fundo marinho, com estabilização através do seu peso próprio.
- Difusor:
  - Constituído por quatro chaminés para efetuar a descarga de efluente;
  - Executado em aço;
  - Difusor com ânodos sacrificiais, para proteger da corrosão.

3.2.6 ACIDENTE OCORRIDO

Tratando-se de infraestruturas com comportamentos de exploração algo complexos e muita variabilidade a experiência adquirida ao longo do tempo importante. Em particular com os factos menos positivos que possam ocorrer em virtude de solicitações não previstas ou até, não devidamente enquadradas. Com tal objetivo, descreve-se de seguida um exemplo de acidente ocorrido no emissário submarino do Peco.

O emissário submarino de Penco, província comuna de Concepción, localizada na região de Biobío Chile, representado na figura 3.9, foi contruído em 1983, sendo constituído por (Labbé 2011):

- 1200 m de extensão em tubagem PEAD;
- 560 mm de diâmetro da conduta.

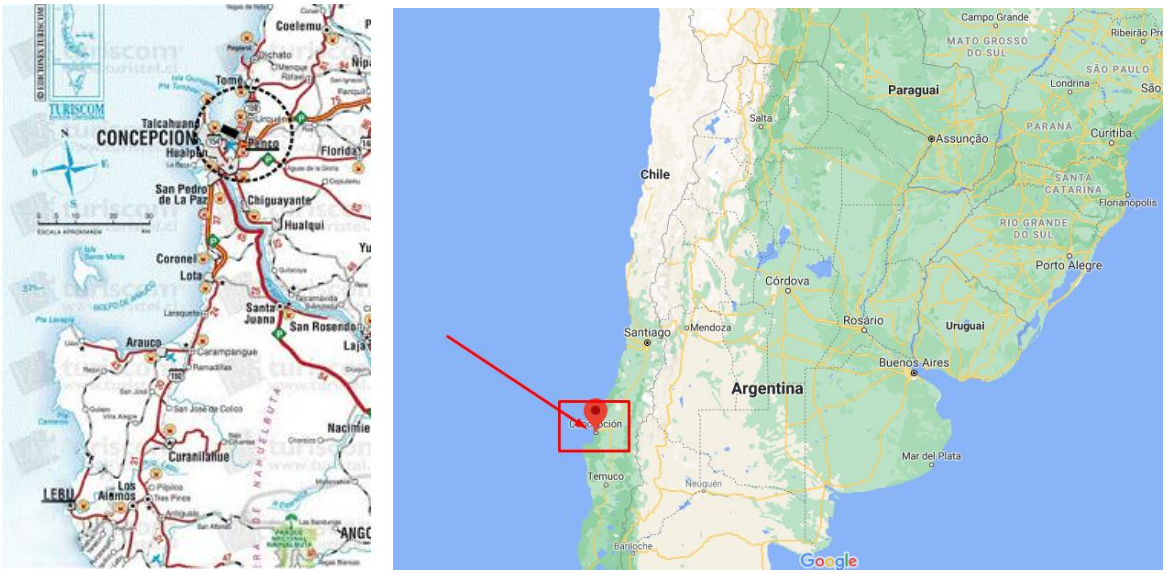


Figura 3.9 - Localização do Emissário Submarino do Penco (Labbé 2011)

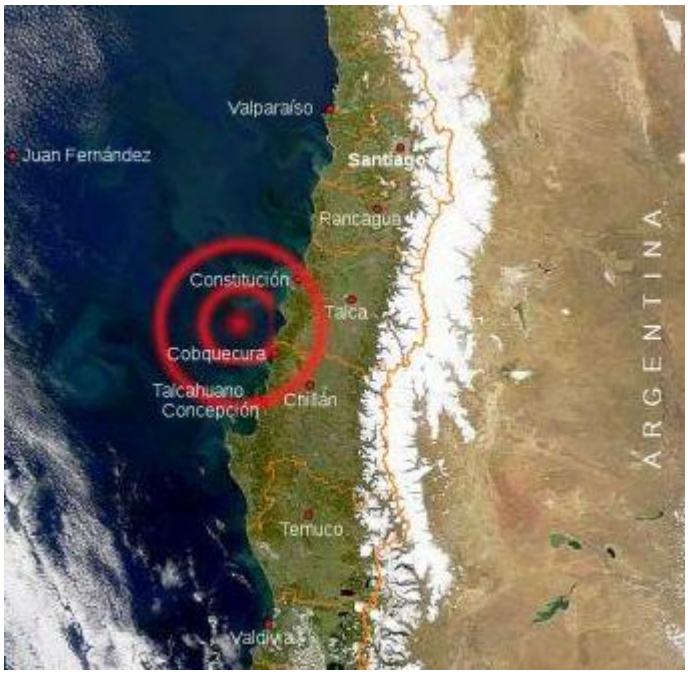


Tabela 3.3 - Epicentro do terramoto no Chile em 2010 [2]

De acordo com relatos existentes, a maré recuou centenas de metros durante o tsunami ocorrido a 27 de fevereiro de 2010, com epicentro no Oceano Pacifico a 63km sudoeste de Cauquenes. Acreditando-se que este, combinado com a falta de água e fontes de alimentação resultantes do terramoto, deixou o emissário quase completamente vazio. Além disso, o terramoto causou o aumento da plataforma continental aproximadamente um metro, deixando o emissário numa posição elevada relativamente ao nível do mar. Estes efeitos combinados, fizeram que quando o tsunami recuou, não existisse lastro suficiente para ancorar o emissário, e a falha foi atribuída à flutuação invertida que conduziu ao colapso da tubagem. Como o emissário se elevou, no momento em que se encontrava desligado da câmara de carga, a ação das correntes paralelas à costa, forçou o colapso da conduta pela torção - figura 3.10 (Labbé 2011).



Figura 3.10 - Emissário submarino de Penco após Tsunami (Labbé, 2011)



Figura 3.11 - Emissário submarino de Penco após Tsunami (Labbé 2011).

4
CASOS DE ESTUDO

4.1 INTRODUÇÃO

Na presente dissertação foi preparado e elaborado um conjunto de questões/perguntas sob a forma de um inquérito/questionário apresentado às entidades gestoras destas infraestruturas e com objetivo de obtenção e reunião de um conjunto de elementos respeitantes às correspondentes caraterísticas físicas e de exploração.

O inquérito/questionário foi desenvolvido através de uma sequência de questões às quais a entidade gestora facultaria a sua resposta. No processo de recolha de informação, surgiram algumas dificuldades principalmente por ausência de um historial acerca de cada infraestrutura ou suas partes.

O inquérito realizado teve como objetivo principal, a recolha de elementos sobre o estado atual dos respetivos emissários submarinos. Desse modo, o inquérito elaborado inclui as seguintes diferentes partes:

- Datas. Início e fim da construção, Início de exploração;
- Caracterização física;
- Estado atual do emissário;
- Solução construtiva;
- Planta e perfil;
- Caracterização das ligações;
- Caudais (ponta e médio), Volumes (máximo, médio diário) e Pressão máxima instalada;
- Tipo de tratamento dos efluentes;
- Informações sobre eventuais ocorrências de impactes ambientais nas praias;
- Sinalização do emissário no mar;
- Monitorização;
- Custos de construção e de manutenção anual;
- Difusor;
- Estabilizadores;
- Intervenções realizadas;
- Outros elementos.

O preenchimento do inquérito foi individualmente enviado a cada entidade e concretizado no período de janeiro a maio de 2019, salientando-se desde já que algumas dos aspetos solicitados não foram respondidos por razões próprias da cada entidade que se justificarão, com a toda a probabilidade, por falta de elementos ou, pelo menos, do seu registo.

Foi, também, necessário reunir com as entidades exploradoras de tais infraestruturas, por forma a interpretar o melhor possível o estado atual bem como as previsões futuras.

Nos Anexos I, II, III e IV apresentam-se tais inquéritos com os dados recolhidos das entidades gestoras dos emissários que constituem os casos de estudo da presente Dissertação.

4.2 EMISSÁRIO SUBMARINO DE GAIA LITORAL

4.2.1 LOCALIZAÇÃO

O Emissário Submarino localizado na praia da Madalena, Concelho de Vila Nova de Gaia, é a infraestrutura terminal de rejeição dos efluentes após o tratamento secundário realizado pela Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Gaia Litoral. Esta localiza-se algumas centenas de metros a montante do emissário.

As localizações destas infraestruturas são indicadas na figura 4.1 e na figura 4.2, retiradas através do Google Earth, assim como na figura 4.3 recolhida de uma nota técnica realizada em 2015 (Veloso Gomes 2015).

O início da sua exploração foi no ano de 1992.



Figura 4.1 - ETAR de Gaia Litoral e esporão de proteção ao exutor (2019)

A ETAR de Gaia Litoral, construída entre 2001 – 2003, contém quatro fases de tratamento para as águas residuais afluentes. Inicia-se por um tratamento preliminar, onde é realizada, sequencialmente, uma gradagem, desarenação e desengorduramento. A segunda fase de tratamento é constituída por um tratamento primário em decantadores lamelares. Na terceira etapa é realizado o tratamento biológico por lamas ativadas de baixa carga com arejamento prolongado incluindo decantação final, em decantadores retangulares. Por último, é realizado um tratamento terciário para produção de água de serviço (água industrial), para utilização interna e limitada a um caudal máximo de 130 m^3/h.

Assim e em consequência, os valores descarregados pelo emissário submarino, terá um tratamento secundário.



Figura 4.2 - ETAR de Gaia e Litoral (2019)

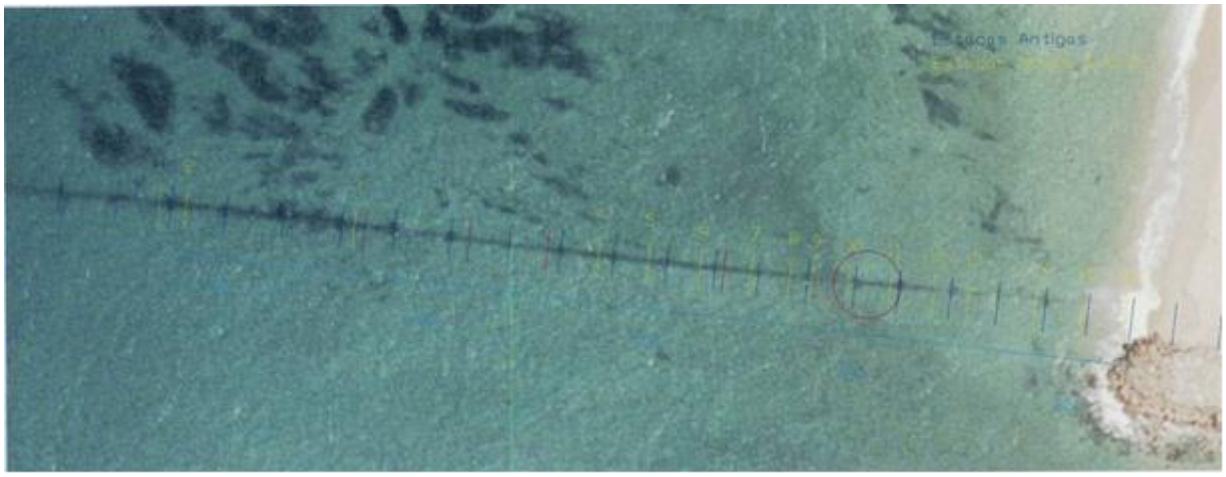


Figura 4.3 - Emissário Submarino de Gaia Litoral (Veloso Gomes 2015)

4.2.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO

O emissário submarino tem 2.214 m de extensão medidos desde a câmara de carga e a extremidade poente do difusor.

A profundidade máxima atingida pelo emissário é de -17,5 m (ZH).

Este emissário encontra-se dividido pela Zona I, pela Zona II e pela Zona III. A Zona I encontra-se subdividida na sub-zona IA, constituída por um tubo cilíndrico, com 800 mm de diâmetro exterior, de polietileno de alta densidade (PEAD), e pela sub-zona IB, formada por tubagem cilíndrica, de 986 mm de diâmetro exterior, de alma de aço envolvido em betão (BONNA). A Zona II e III é constituída por um tubo cilíndrico, de 800 mm de diâmetro exterior, de polietileno de alta densidade (PEAD).

O difusor encontra-se na Zona III do emissário e apresenta 196 m de comprimento, desenvolve-se a cotas atuais do fundo de -17,5 m (ZH) e com orientação próxima de E-W. Este dispõe de 39 orifícios, com 100 mm de diâmetro, espaçados cerca de 5 m entre si. Dos 39 orifícios, 34 encontram-se abertos e 5 encontram-se fechados (2ª fase - orifício n.º 8 com um tampão de PEAD, e os orifícios n.º 35 e 38 com

chapas metálicas). Os orifícios estão organizados em quincôncio, no lado norte e no lado sul do tubo, com a exceção de três orifícios, n.os 1, 25 e 39, que se encontram localizados na geratriz superior.

4.2.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO

A sinalização do emissário submarino é realizada através de duas boias, onde é interdito fundear e pescar, conforme área limitadora existente na carta de navegação (Ruivo 2018).

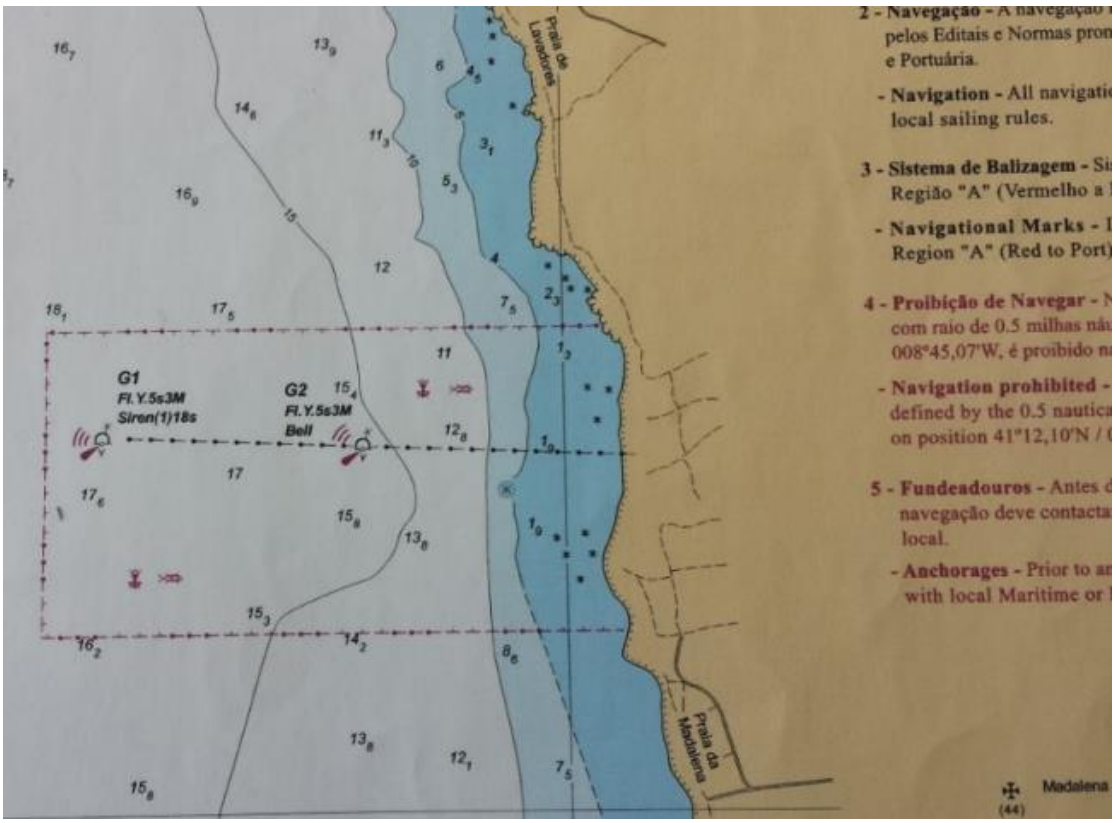


Figura 4.4 - Localização de Boias sinalizadoras no emissário submarino de Gaia (Ruivo 2018).

4.2.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA

Assim como já referido anteriormente, o emissário submarino de Gaia é constituído por três zonas de condutas submarinas, sendo a primeira zona é dividida em 2 subzonas. No lado Sul do exutor está implantado um esporão de estrutura de enrocamento, entre o PK70 e o PK270, com comprimento de aproximadamente 200 m, que serve de proteção aquando solicitado pela agitação marítima.

Deste modo identifica-se a estrutura desta forma:

- Zona I (PK0 – PK780):
    - Sub-zona IA (PK0 – PK158) – tubagem colocada em vala preenchida com betão;
    - Sub-zona IB (PK158 – PK780) – tubagem ancorada ao fundo rochoso por pórticos metálicos com diferentes espaçamentos entre si. Os pórticos são constituídos por abraçadeiras metálicas, que envolvem o tubo, aparafusadas a estacas metálicas fixas no substrato rochoso por um varão de ancoragem colocado no seu interior e preenchidas por calda de cimento;

  - Entre o PK200 e o PK270, o tubo foi coberto com box-culverts de betão armado, com 2,9 m de largura;
  - Entre o PK270 e o PK780, a tubagem está ancorada ao fundo rochoso por 62 pórticos com espaçamento entre si entre 1,9 e 13,4 m. Alguns pórticos metálicos estão protegidos contra a corrosão com ânodos de sacrifício;
- Zona II (PK780 – PK2018) – tubagem apoiada no fundo natural e estabilizada por anéis de betão, espaçados 5 m entre si;
- Zona III (PK2018 – PK2214) – esta última zona é onde se situa o difusor, apoiado no fundo natural e estabilizada por dois tipos de anéis de betão.

4.2.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO

Aquando de execução da obra da sub-zona IB, constou-se que a presença da camada de areia sobrejacente ao substrato rochoso era superior à prevista no projeto e, devido à dificuldade em manter a vala aberta durante o afundamento do tubo, levou o consórcio empreiteiro a apresentar uma proposta variante, que consistiu na substituição do tubo de PEAD por um tubo de alma de aço revestido a betão (*bonna*) ancorado ao substrato rochoso por pórticos metálicos.

Ao longo dos anos de exploração do emissário, foram necessárias algumas intervenções. Realizou-se em 2008/2009 a primeira intervenção, sendo que foi necessário a substituição de algumas ancoragens ao longo do emissário.

Detetou-se então que era necessário a reparação da tubagem em zonas com armadura à vista. Para tal foram utilizados colchões perdidos do tipo "FlexiTex". Esta intervenção não foi muito bem sucedida, uma vez que a colocação destes não foi realizada com sucesso em alguns troços, como se poderá observar na figura 4.5, figura 4.6 e na figura 4.7.



Figura 4.5 - Zona bem protegida pelo colchão FlexiTex (Veloso Gomes 2015).



Figura 4.6 - Zona deficientemente protegida pelo colchão FlexiTex (Veloso Gomes 2015).



Figura 4.7 - Zona onde o colchão FlexiTex não envolve completamente o exutor (Veloso Gomes 2015).

Em 2012 foi necessária nova intervenção, depois de se notar anomalias no esporão de proteção ao exutor. O esporão apresentava blocos de peso insuficiente perante as solicitações ocorridas. Verificou-se que vários blocos foram movimentados para cima do esporão, devido às tempestades ocorridas, provocando

o desgaste do exutor, o que colocou em alguns troços a armadura à vista. A cabeça do esporão apresentava-se degradada (sem geometria de rotação bem definida).

Foi então necessário – como se mostra na figura 4.9, a colocação de blocos de enrocamento a norte do esporão, funcionando estes como uma proteção provisória. Esta barreira possibilitou a realização de trabalhos de regularização com sacos parcialmente preenchidos com betão, da base de assentamento na vala para colocação de "box culverts" na parte superior das tubagens, conforme se mostra na figura 5.7. Em seguida foi efetuado o desmonte da proteção provisória de enrocamento e reconstrui-se a cabeça do esporão.



Figura 4.8- Box culverts (Veloso Gomes 2015)



Figura 4.9 - Proteção provisoria com enrocamento a norte do exutor (Veloso Gomes 2015).

4.2.6 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO

A sub-zona IB encontra-se com diversos problemas estruturais e na Zona III as saídas do difusor apresentam condicionamentos.

Tendo por base o levantamento de 2014 do estado dos pórticos existentes na sub-zona IB, para poente do troço protegido pelas "box-culverts", as anomalias detetadas são as seguintes:

- Dos 62 pórticos existentes 16 são novos, executados em 2008, e em grande parte já precisam de intervenção ou estavam inoperacionais;
- Das 124 ancoragens existentes (2 por pórtico) 14 estavam partidas e 6 tortas; Das 124 estacas existentes 31 não apoiavam no substrato rochoso;
- O primeiro pórtico tinha os parafusos de fixação da abraçadeira do tubo soltos;
- Em 5 troços entre pórticos o tubo tinha a armadura de revestimento exterior à vista e em 1.4 m e 13.6 m, com inoperacionalidade de alguns pórticos passaram a estar compreendidos entre 2.2 m e 25.6 m;
- A maioria destas anomalias ocorre nos pórticos 1 a 25, ou seja, onde se dá, com maior frequência, a rebentação das ondas incidentes;
- Desconhece-se o grau de corrosão das peças metálicas dos pórticos e abraçadeiras, assim como do estado do revestimento interior do tubo. Na inspeção realizada em 2017, verificou-se que existiam pórticos que dispunham de ânodos e outros não.

Atendendo ao presente relatório, as inspeções realizadas ao difusor, zona III, revelam que o tubo se encontra, quase permanentemente, com as cotas do fundo natural muito próximas das cotas da geratriz superior do tubo.

Como os orifícios de descarga do difusor estão abaixo da geratriz superior do tubo, a probabilidade de entrar areia para o exutor é grande, salvo se a velocidade de saída do esgoto tratado for suficientemente forte e permanente para impedir esta entrada. Desta forma, seria necessária uma inspeção interior do exutor que permitiria avaliar se existe assoreamento e qual o seu grau, verificando se esta situação constituiu um condicionamento ao seu funcionamento hidráulico.

Na restante extensão do exutor, zona II, aparentemente, não existem problemas. Contudo, esta apreciação é elaborada com base na informação disponível a qual não permite a avaliação de uma parte significativa do exutor.

4.3 EMISSÁRIO SUBMARINO DE ESPINHO

4.3.1 LOCALIZAÇÃO

O Emissário Submarino localizado a sul do esporão da Praia de Paramos, no concelho de Espinho, construído no final da década de 80, constitui o dispositivo terminal de rejeição de afluentes após o tratamento secundário da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Espinho, que se localiza junto à Praia de Paramos.

A figura 4.10, onde é destacado a vermelho a localização do exutor, permite melhor enquadrar o atrás descrito.

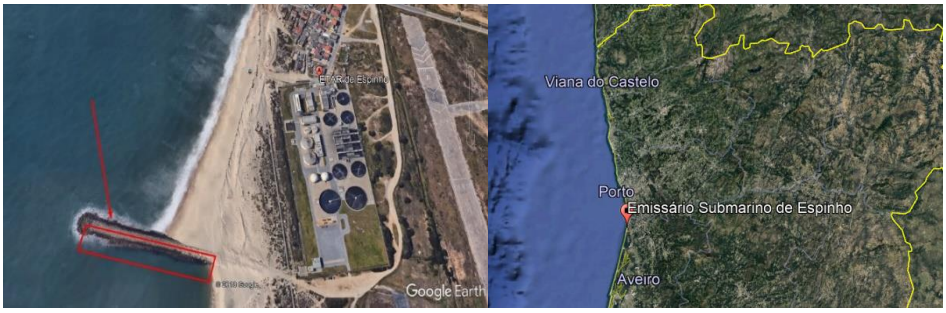


Figura 4.10 - ETAR de Espinho e Emissário Submarino

4.3.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO

O emissário submarino em polietileno de alta densidade (PEAD), é constituído por três troços, somando uma extensão total de 2.000 m e apresenta 800 mm de diâmetro.

O difusor é constituído por um tubo com diâmetros externos 800, 630 e 400 mm, designados por sub-troço 1, sub-troço 2 e sub-troço 3, respetivamente. Os sub-troços 1 e 2 têm 40 m de comprimento e o sub-troço 3, da extremidade do emissário, tem 25 m de comprimento. Na totalidade o difusor apresenta 73 *"risers"* para descarga das águas residuais provenientes da ETAR.

A secção dos *"risers"* e a situação atual em cada sub-troço é a seguinte:

- Sub-troço 1 com 800 mm de diâmetro e 26 *"risers"* com 90 mm de diâmetro dos quais estão 10 *"risers"* tamponados, 1 *"riser"* aberto, 10 orifícios abertos e 5 orifícios tamponados.
- Sub-troço 2 com 630 mm de diâmetro e 27 *"risers"* com 125 mm de diâmetro dos quais estão 23 *"risers"* tamponados e 4 *"risers"* abertos.
- Sub-troço 3 com 400 mm de diâmetro e 20 *"risers"* com 160 mm de diâmetro dos quais estão 10 *"risers"* tamponados, 5 *"risers"* abertos e 5 orifícios abertos.

O difusor dispõe ainda de dois cones de redução DN800/DN630 e DN630/DN400, uma união flangeada DN800 no sub-troço 1 e uma flange cega DN400 na extremidade do sub-troço 3. A flange cega DN400 e a flange DN800 dispõem de 16 e 24 pernos de ligação, respetivamente.

4.3.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO

A sinalização é realizada através de uma boia situada perto do difusor, onde é interdito fundear e pescar numa zona assinalada com 0.7 milhas de largura e 1.8 milhas de comprimento (Ruivo 2018).

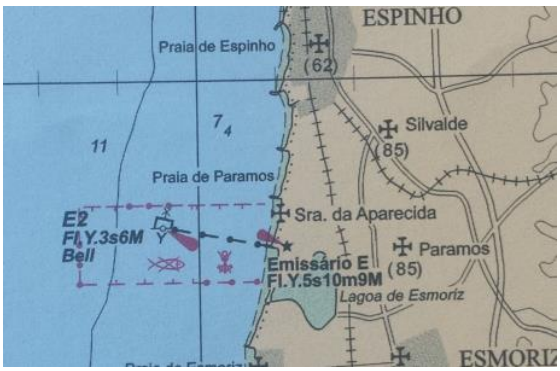


Figura 4.11 - Área de sinalização do emissário submarino de Espinho (Ruivo 2018).

4.3.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA

Tal como referido anteriormente, o emissário submarino de Espinho é constituído por 3 troços de condutas submarina. Cada troço tem o seu tipo de suporte, por forma a deixar estável toda a extensão da conduta às diferentes solicitações ocorridas, dependendo da localização do exutor.

Para os diferentes troços adotaram-se as seguintes soluções construtivas:

- Troço I enterrado: entre a câmara de carga e a cota do terreno natural -1,0 m (ZH), com 310 m de comprimento. Neste troço a tubagem encontra-se embebida no fundo e envolvida em betão.
- Troço II parcialmente enterrado (transição entre os troços com a tubagem enterrada e com a tubagem apoiada no terreno natural): entre a cota do terreno natural -1,0 m (ZH) e -7,0 m (ZH), com 281 m de comprimento. Este troço apresenta o sub-troço IIA com a tubagem embebida no fundo e envolvida em betão e o sub-troço IIB com a tubagem estabilizada com anéis de betão, maciços de calda coloidal entre anéis e um prisma de enrocamento.
- Troço III apoiado: entre o terreno natural -7,0 m (ZH) e -9,0 m (ZH), com 1304 m de comprimento. Neste troço a tubagem ficou diretamente apoiada no fundo na data da construção e foi estabilizada com anéis de betão e maciços de calda coloidal entre anéis.
- Difusor: neste troço a tubagem tem 105 m de comprimento, está apoiada numa plataforma de enrocamento e está estabilizada com 21 blocos de betão fixos ao tubo com abraçadeiras metálicas. A extremidade do emissário está na cota -9,0 m (ZH).

4.3.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO

Não existem informações sobre intervenções realizadas no emissário ao longo do seu período de exploração.

4.3.6 TIPO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES

Os efluentes que o emissário submarino descarrega no mar são tratados na ETAR de Espinho.

A ETAR de Espinho encontra-se em funcionamento desde 1999, inicialmente com tratamento primário. Posteriormente, esta sofreu uma ampliação e remodelação, que terminou em 2007, sendo capaz de tratar os efluentes a nível secundário.

4.3.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO

De acordo com as inspeções, o emissário mostra alguns problemas nos difusores e de corrosão nas ligações entre condutas.

Alguns difusores tamponados apresentam pequenas fugas, destacando-se o difusor n.º 28.

O troço 1 do difusor apresenta 8 difusores partidos. O troço 3 do difusor encontra-se maioritariamente obstruído. O número de difusores partidos é igual ao número de difusores abertos completos (5 unidades). O escoamento dos difusores, ao longo do troço, é quase nulo, sendo percetível apenas no difusor 20, onde observamos na figura 4. 12.

Na flange cega, não existe proteção catódica, o que resultou no agravamento do estado de conservação dos pernos face às inspeções anteriores. A corrosão dos parafusos é elevada, contudo não existe qualquer fuga

De forma geral, os elementos metálicos exibem elevado grau de corrosão (pernos e parafusos), ilustrado na figura 31, à exceção das abraçadeiras/pernos e porcas em inox do 5º anel de afundamento que foram aplicadas mais recentemente. As braçadeiras de fixação de conduta do lado norte do bloco 11 de fixação (5º bloco do troço) encontram-se afastadas do bloco de fixação, sendo necessária reparação urgente uma vez que corre risco iminente de se soltar.



Figura 4.12 - Difusor 28, tamponado com fuga

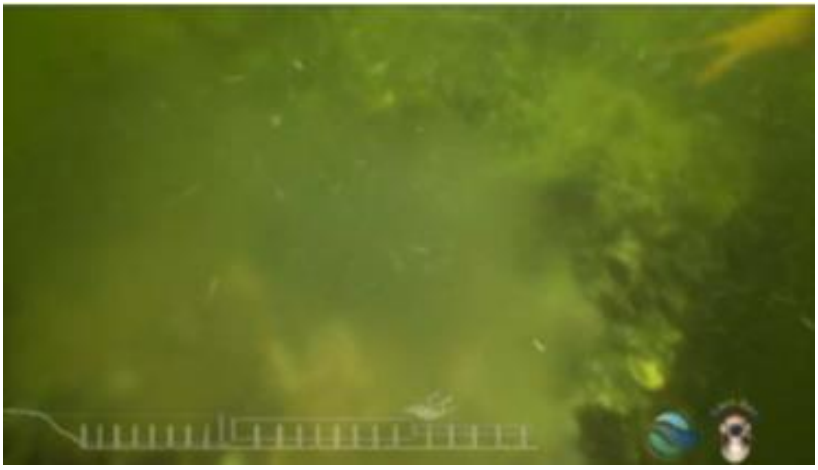


Figura 4.13 - Difusor 20, escoamento percetível

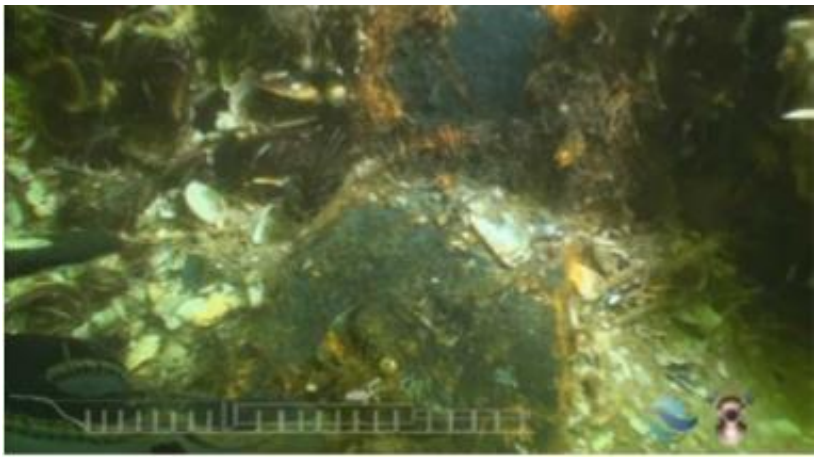


Figura 4.14 - Bloco 8, avançada erosão pernos e porcas lado Sul

4.4 EMISSÁRIO SUBMARINO DE MATOSINHOS

4.4.1 LOCALIZAÇÃO

Construída em 1997, junto à Praia do Cabo do Mundo, a norte do Farol da Boa Nova, a ETAR de Matosinhos foi alvo de uma obra de requalificação em 2018 para remodelação e ampliação da infraestrutura que, até então funcionava com tratamento primário. A partir dessa data os efluentes passaram a ser alvo de um tratamento secundário, antes de devolvidos ao meio hídrico, tendo a infraestrutura sido também dotada de um sistema de produção de energia e de um sistema de reaproveitamento de águas residuais tratadas.



Figura 4.15 - Planta de localização(COBETAR 1996).



Figura 4.16 - Imagem retirada do google maps, baseada na localização apresentada pela COBETAR em março de 1996.

4.4.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO

O emissário submarino apresenta uma extensão de 2.750 m e encontra-se apoiado no fundo marinho.

A profundidade máxima atingida é de -30 m. É constituído por um tubo de betão armado, com diâmetro exterior de 1600 mm, e por uma tubagem de polietileno de alta densidade (PEAD) com diâmetros exteriores de 1200 mm, 800 mm e 450 mm.

O difusor do emissário consiste num tubo de polietileno de alta densidade, com 320 m de comprimento, sendo que 160 m apresenta um diâmetro exterior de 1200 mm, 80 m um diâmetro exterior de 800 mm e os restantes 80 m um diâmetro exterior de 450 m. Os ramais de descarga têm 100 mm de diâmetro, 1 m de comprimento e um espaçamento médio de 4 m, com orientação de descarga vertical.

Os estabilizadores (anéis de lastro e blocos estabilizadores) são em betão armado.

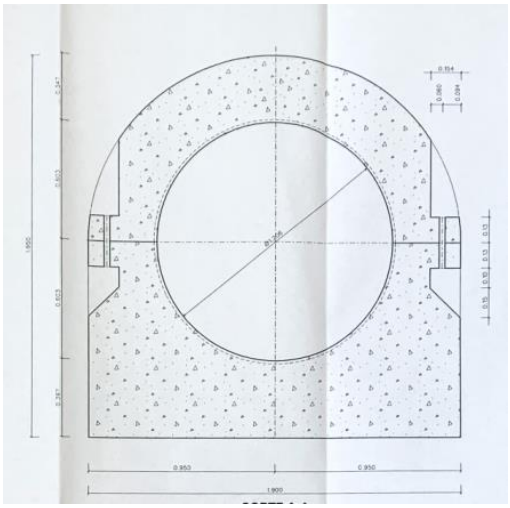


Figura 4.17 - Corte transversal do anel de afundamento(COBETAR 1996).

4.4.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO

A sinalização é realizada através de uma boia situada perto da extremidade do difusor, sendo interdito fundear e pescar na zona delimitadora na carta de navegação representada na figura 4.18 (Ruivo 2018).

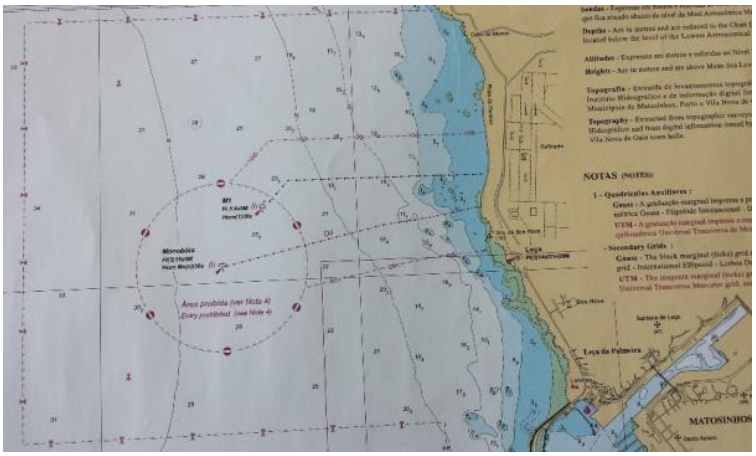


Figura 4.18 - Localização de zona de sinalização do emissário submarino de Matosinhos (Ruivo 2018)

4.4.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA

Nos primeiros 550 m do emissário foram instalados, por perfuração, no maciço rochoso, por meio de uma micro-tuneladora, constituindo um túnel de secção circular em betão armado, protegido interiormente com pintura "epóxi". A restante extensão foi executada em tubo de polietileno de alta densidade (PEAD), mediante o afundamento controlado com o auxílio de anéis de lastro em betão armado, tendo sido apoiada no fundo marinho, numa vala dragada com perfil trapezoidal, com 3 m de profundidade e 5 m na base. Após afundamento e ligação submarina dos troços, foi efetuada uma amarração complementar, mediante a colocação de blocos estabilizadores, entre os anéis de lastro.

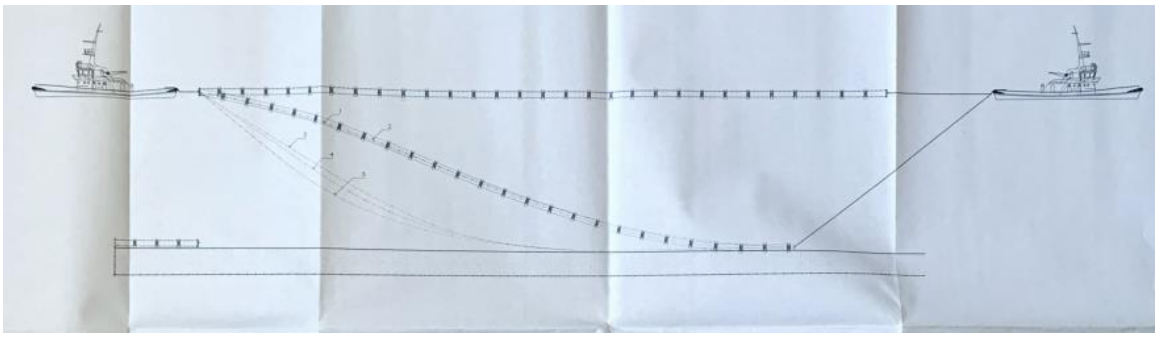


Figura 4.19 - Afundamento da tubagem(COBETAR 1996).

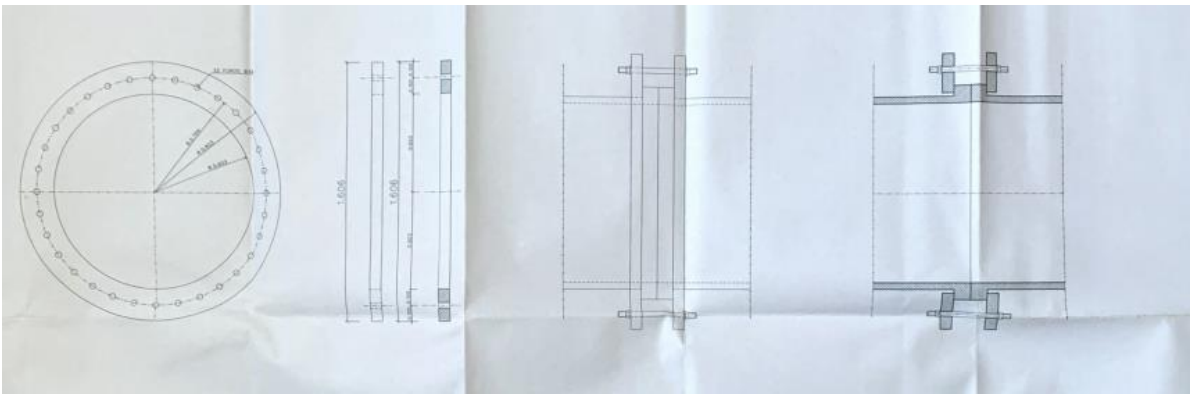


Figura 4.20 - Ligação entre tramos da tubagem(COBETAR 1996).

4.4.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO

Na resposta ao inquérito efetuado não houve comunicação de intervenções realizadas no emissário.

4.4.6 TIPO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES

O emissário destina-se a descarregar águas residuais domésticas tratadas, efluentes da ETAR de Matosinhos, atualmente com um nível de tratamento secundário.



Figura 4.21 - ETAR de Matosinhos, imagem retirada do Google Earth

4.4.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO

O emissário encontra-se em funcionamento pleno, registando-se apenas a existência de alguns ramais de descarga obstruídos, na zona de extremidade do difusor.

4.5 EMISSÁRIO SUBMARINO DE SÃO JACINTO

4.5.1 LOCALIZAÇÃO

O Emissário Submarino de São Jacinto, ilustrado na figura 4.22, atravessa-se uma duna secundária da praia de S. Jacinto, concelho de Aveiro, e corresponde à infraestrutura responsável pela descarga no mar, a 3,3 km da costa, do efluente já tratado, proveniente das ETAR de Cacia, Ílhavo e São Jacinto.



Figura 4.22 - Emissário Submarino de São Jacinto

4.5.2 CARACTERÍSTICAS DO EMISSÁRIO

O emissário submarino apresenta uma extensão de 3378 m e um diâmetro exterior de 1600 mm. A profundidade máxima atingida pelo emissário é de -15,0 m (ZH) e encontra-se apoiado no fundo do mar.

O material utilizado na construção desta infraestrutura foi o polietileno de alta densidade (PEAD).

O difusor encontra-se entre as cotas -13,7 m (ZH) e -15,0 m (ZH) e tem, aproximadamente, 333 m de comprimento. A tubagem encontra-se igualmente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão.

4.5.3 SINALIZAÇÃO DO EMISSÁRIO

O emissário submarino é sinalizado através de uma boia situada perto da extremidade do difusor e por um farolim em terra no alinhamento do emissário. A área que interdita a pescar e fundear, é constituída aproximadamente por 0.5 milhas de largura e 2.0 milhas de comprimento (Ruivo 2018).

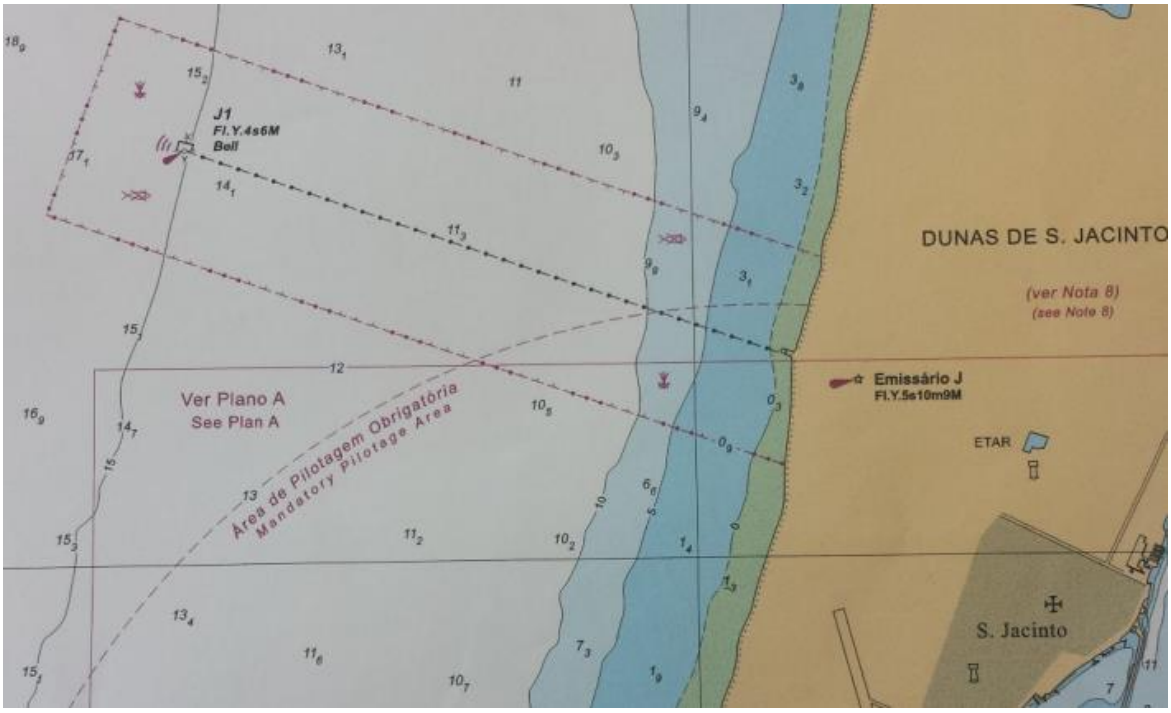


Figura 4.23 - Localização de boia e farolim de sinalização do emissário submarino de São Jacinto (Ruivo 2018).

4.5.4 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA

O Troço Inicial, entre a câmara de carga e a cota do terreno natural -8,5 m (ZH), com cerca de 922 m de comprimento, foi enterrado e foram empregues anéis de betão.

O Troço de Transição (transição entre os troços com a tubagem enterrada e apoiada no terreno natural), entre a cota do terreno natural -8,5 m (ZH) e -9,2 m (ZH), com cerca de 30 m de comprimento, foi enterrado e foram, igualmente, aplicados anéis de betão.

O Troço Apoiado (Zonas I e II), entre as cotas -9,2 m (ZH) e -13,7 m (ZH), tem 2093 m de comprimento. Este é formado pela junção de 7 tubos com comprimentos da ordem de 300 m, unidos por tubos de

ligação com flanges. A tubagem encontra-se diretamente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão.

O difusor é constituído por 3 troços de conduta submarina, tendo o troço I diâmetro de 1600 mm e 1200 mm no troço II e III, com 90 m e 243 m, respetivamente. A extremidade do emissário, desenvolve-se entre as cotas -13,7 m (ZH) e -15,0 m (ZH) e apresenta, aproximadamente, 333 m de comprimento. Nos Troços II e III do difusor existem 38 orifícios abertos e tamponados com 175 mm de diâmetro, alternadamente orientados a Norte e a Sul. Atualmente encontram-se 28 orifícios abertos, estando os restantes 10 orifícios tamponados, sendo a sequência dos orifícios abertos e fechados de jusante para montante a seguinte: 22 abertos, 1 fechado, 6 abertos e 9 fechados. O difusor dispõe de um cone de redução DN1600/DN1200, quatro uniões flangeadas (três com DN1200 e uma com DN1600) e uma flange cega DN1200.

A tubagem encontra-se igualmente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão.

4.5.5 INTERVENÇÕES REALIZADAS NO EMISSÁRIO

De acordo com os dados fornecidos não foram realizadas quaisquer intervenções até ao momento.

4.5.6 TIPO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

4.5.6.1 ETAR de Cacia

Os efluentes provenientes da ETAR de Cacia são submetidos a um pré-tratamento, decantação primário, tratamento biológico e decantação secundária [3].



Figura 4.24 - ETAR de Cacia, em Aveiro [4]

4.5.6.2 ETAR de Ilhavo

Os efluentes provenientes da ETAR de Ilhavo são submetidos a um sistema de tratamento secundário, adotando um processo de tratamento biológico com base em lamas aditivadas em regime de arejamento prolongado, com remoção de matéria orgânica.



Figura 4.25 - ETAR de Ílhavo

4.5.6.3 ETAR de São Jacinto

Os efluentes provenientes da ETAR de São Jacinto são submetidos a um tratamento por lagunagem.



Figura 4.26 - ETAR de São Jacinto [5]

4.5.7 ESTADO ATUAL DO EMISSÁRIO

Atendendo às inspeções realizadas em 2018, resulta a seguinte análise:

- As flanges cega e de união dos tubos apresentam-se, de um modo geral, em bom estado de conservação, com corrosão e oxidação reduzidas. No entanto, as ligações constituídas por pernos, porcas e anilhas manifestam corrosão elevada;
- Os pernos de ligação dos anéis apresentam, de um modo geral, corrosão elevada.
- As ligações das flanges não apresentam proteção catódica;
- A maior parte das ligações dos anéis não mostram proteção catódica e existem algumas ligações que apresentam ânodos de zinco com uma redução de massa elevada;
- No difusor e na ligação do troço II ao III, a inspeção revela que existem 3 orifícios contrariamente aos 2 apresentados nas peças desenhadas;
- Os pernos de ligação do primeiro anel de betão, junto da flange cega, apresentam corrosão elevada;
- Ausência de 1 perno de ligação no sexto anel de betão, no lado norte a contar da flange cega;
- Ausência de 2 pernos de ligação em dois anéis distintos, no lado sul, no tubo de ligação MAR 6/MAR 8;

- A flange MAR 6 / MAR 8 encontra-se parcialmente enterrada, o que dificulta avaliar o nível de desgaste das peças metálicas;
- Os orifícios do difusor abertos estão desobstruídos e sem incrustações;
- Desassoreamento do emissário em dois troços no tubo MAR 3 e MAR 5, com os anéis parcialmente enterrados e passagem de água sob a soleira do tubo.

5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS RECOLHIDOS

5.1 ANÁLISE DOS ELEMENTOS RECOLHIDOS

Após a obtenção dos elementos constantes do questionário/inquérito realizado, verificam-se que as entidades exploradoras responderam, de uma forma geral às questões apresentadas, disponibilizando a informação existente até a data (meados de maio de 2018) e na sua posse, possibilitando o máximo complemento do questionário.

Em algumas situações, alguns dados foram disponibilizados em formato papel.

Genericamente, todos estes elementos são resultantes de inspeções subaquáticas periódicas, realizadas às infraestruturas presentes nas zonas costeiras.

Na sequência do preenchimento do inquérito, procedeu-se à análise critica dos elementos fornecidos/recolhidos, qualificando o estado atual da infraestrutura de modo a concluir se o exutor apresenta funcionamento adequado.

5.1.1 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO EMISSÁRIO SUBMARINO DE GAIA

Relativamente ao emissário submarino de Gaia, apresentado no capítulo anterior, conclui-se da existência de variados problemas – alguns recorrentes, sobretudo em duas zonas do emissário.

O principal problema e mais dispendioso de resolver é o que se relaciona com os aspetos estruturais do mesmo e em particular, os existentes na primeira zona do emissário, zona I/sub-zona IB referidas no capítulo anterior.

Como foi referido no capítulo anterior, a solução construtiva inicial para o primeiro troço do emissário não foi possível de executar, tendo-se recorrido a uma solução alternativa que consistiu na substituição do material PEAD inicialmente previsto, por um outro com alma em aço ancorado no substrato rochoso através de pórticos metálicos.

Mais tarde constatou-se que as ancoragens não formam realizadas com sucesso, verificando-se que alguns varões de ancoragem ficaram desprotegidos. Nesta operação algumas fixações dos pórticos não atingiram o substrato rochoso, deixando assim a estrutura vulnerável numa zona onde a incidência das ondas é bastante agressiva.

Em sequência de tal e em 2009, efetuou-se a primeira intervenção no emissário submarino. A empreitada consistia nos seguintes trabalhos:

- Reparação de ancoragens entre os perfis PK240 e PK450;
- Proteção, tratamento e reforço parcial do betão e do aço existente na zona I entre o PK 220 e o PK300 do emissário submarino;

- Recondicionamento do enrocamento existente no esporão de proteção ao exutor.

Os trabalhos realizados não tiveram o sucesso desejado e em 2012 foi necessário intervir novamente no emissário, nas mesmas zonas já intervencionadas. Desta vez foi desenvolvida uma solução com base na implantação de caixas de betão em volta do troço de conduta onde os problemas existiam e betonou-a.

Quanto ao esporão, este foi reconstruído com um ligeiro ajuste no seu layout, conforme já foi referido no capítulo anterior.

Após o inverno de 2013/2014, procedeu-se a uma inspeção subaquática só à zona I por ser uma zona especialmente frágil face à agressividade do mar e detetou-se que as caixas construidas pelo empreiteiro, também chamadas de aduelas estavam descalçadas. Outras fragilidades foram detetadas a nível das ancoragens.

O IHRH recomendou que se fizesse uma intervenção urgente face aos problemas detetados na base das caixas, ficando os reforços de ancoragem para mais tarde.

Os trabalhos iniciaram ainda em 2014 pelo consórcio de empresas INERSEL/HIDROSUBE, que tinham como base a seguinte descrição de tarefas:

- Remoção dos blocos de enrocamento e limpeza do material sobre e na zona envolvente das aduelas. Estes blocos de enrocamento foram aplicados no reperfilamento do esporão;
- Enchimento com betão a área entre as aduelas, o tubo e o fundo. Antes da betonagem foram colocados sacos ("big bags" e juta) preenchidos com betão numa extensão de 50 m.

Em 2015 foram adjudicados à INERSEL/HIDROSUBE os trabalhos a executar, com vista a reforçar as ancoragens danificadas e/ou soltas detetadas no relatório de inspeções subaquática de 2014.

A INERSEL/HIDROSUBE tinha como base da sua empreitada o projeto elaborado pela SIMDOURO "Reforço dos Pórticos Ancorados do Exutor Submarino de Gaia Litoral" que consistia no seguinte:

- Reforço e fixação dos pórticos preveem a colocação de extensões das estacas até ao firme rochoso;
    - As estacas eram complementadas com a colocação sobre elas de "meias-luas" metálicas e o seu preenchimento com calda de cimento.

No decorrer desta empreitada de reforço das ancoragens, foram encontrados problemas de assoreamento nas fundações durante a execução dos trabalhos, não tendo sido estes concluídos na sua totalidade.

Desde 2015 têm sido realizadas inspeções subaquáticas pela Hidrosube na zona I (parte mais estrutural) e zona III (difusor) do emissário.

Consequente dessas inspeções, regista-se o assoreamento da conduta na zona do difusor onde não se conhece o funcionamento hidráulico dos *"risers"*.

No início de maio de 2016, dado o problema de assoreamento verificado em 2015 procedeu-se à intervenção de desassoreamento na zona do difusor. Posteriormente à intervenção, começou-se a observar o problema mais de perto e no final de maio do mesmo ano o desassoreamento permanecia.

Em novembro, ainda do mesmo ano, a flange cega já se encontrava assoreada até meio da secção.

Com o passar do tempo este cenário agravou-se e em agosto de 2017 ao longo da conduta do difusor, verificou-se que o assoreamento estava ao nível dos orifícios, sendo sempre mais elevados do lado norte. A flange cega foi removida e a flange de ligação apresentava corrosão significativa. Registando-se também ausência de proteções catódica nos anéis de ligações metálicas.

5.1.1.1 Conclusões da análise

Face ao anteriormente expresso as principais conclusões da análise efetuada foram:

- Problemas estruturais na zona I (zona rebentação de ondas);
- Problemas de assoreamento na zona no difusor;
- Problemas de proteção catódica.

5.1.2 Análise dos Elementos do Emissário Submarino de São Jacinto

O emissário submarino de São Jacinto é acompanhado pelo menos uma vez por ano, através de inspeções subaquáticas.

Através da análise realizada aos elementos recolhidos/fornecidos e apresentados no capítulo anterior, podemos afirmar que o emissário submarino de São Jacinto não apresenta problemas graves e/ou de difícil resolução. De uma forma geral, o emissário apresenta um funcionamento estável e pleno.

Os problemas principais do emissário submarino de São Jacinto é a ausência da proteção catódica e oxidação das peças metálicas na maior parte das ligações de todos os troços de conduta visíveis, assim como a consequente redução de massa dos materiais em alguns dos casos.



Figura 5.1 - Ausência de proteção catódica e consequente oxidação de perno de ligação dos anéis de afundamento.

Do ponto de vista estrutural regista-se a ausência de pelo menos um perno de ligação dos anéis de afundamento, o que poderá indicar que os restantes pernos poderão estar a entrar em colapso.



Figura 5.2 - Ausência de perno de ligação no anel de afundamento.

O difusor não apresenta obstruções na descarga do efluente, nem orifícios partidos ou danificados.

5.1.2.1 Conclusões da análise

Face ao anteriormente expresso, as principais conclusões da análise efetuada foram:

- Problemas na proteção catódica, oxidação e consequente corrosão;
- Problemas estruturais a nível dos anéis de afundamento.

5.1.3 Análise dos Elementos do Emissário Submarino de Espinho

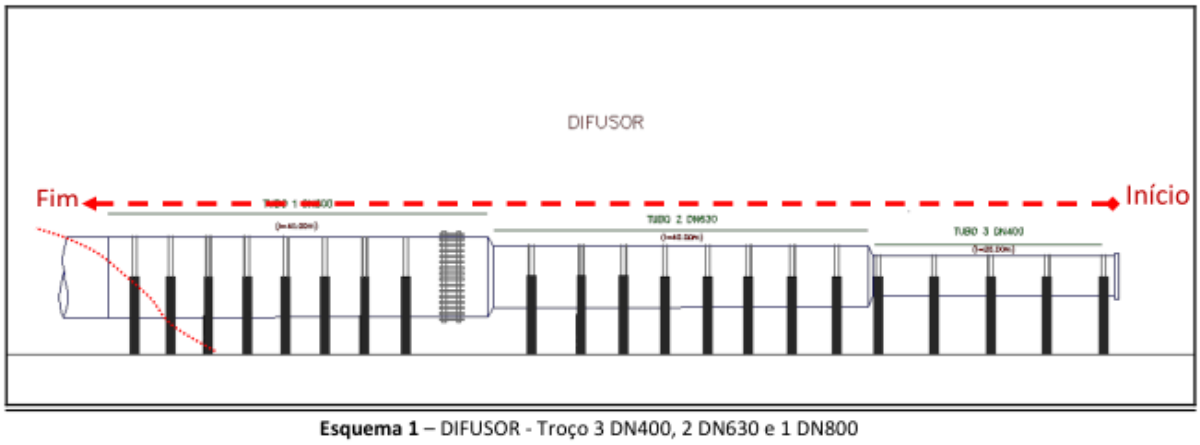
O emissário de Espinho é explorado pela mesma entidade que explora o emissário de São Jacinto e semelhança deste, o emissário de Espinho também é inspecionado pelo menos uma vez por ano, através de mergulhadores.

O emissário de Espinho não apresenta problemas estruturais na zona de rebentação, encontrando-se esta zona estável e totalmente assoreada, como era espectável e desejável.

Contrariamente à estabilidade verificada na zona de rebentação, registam-se alguns problemas que se podem tornar críticos no difusor.

O difusor constituído por três troços de diâmetros diferentes e com toda a sua conduta assente nos blocos de betão através de elementos de fixação (abraçadeiras, pernos e porcasmetálicas), conforme podemos ver na imagem 6.3, foi o principal alvo de todas as inspeções periódicas realizadas ao emissário de Espinho.

Do ponto de vista estrutural, as fixações dos blocos de betão encontram-se estáveis apesar da corrosão que se verifica (de uma forma geral elevada) ao longo de toda a conduta.



Esquema 1 – DIFUSOR - Troço 3 DN400, 2 DN630 e 1 DN800

Figura 5.3 - Imagem esquemática do difusor do Emissário de Espinho.

As inspeções subaquáticas realizadas entre 2014 e 2016 revelaram que o difusor regista problemas na descarga de efluentes, estando alguns *"risers"* partidos, orifícios obstruídos e outros *"risers"* tamponados com fugas.

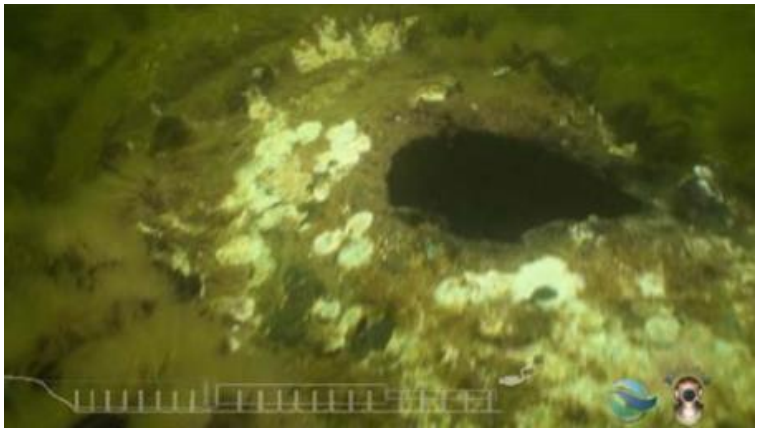


Figura 5.4 - Orifício obstruído

Regista-se ainda ausência de proteção catódica nos elementos constituintes das ligações ao longo da conduta, assim como a consequente oxidação dos mesmos elementos (pernos, parafusos, anilhas e porcas).

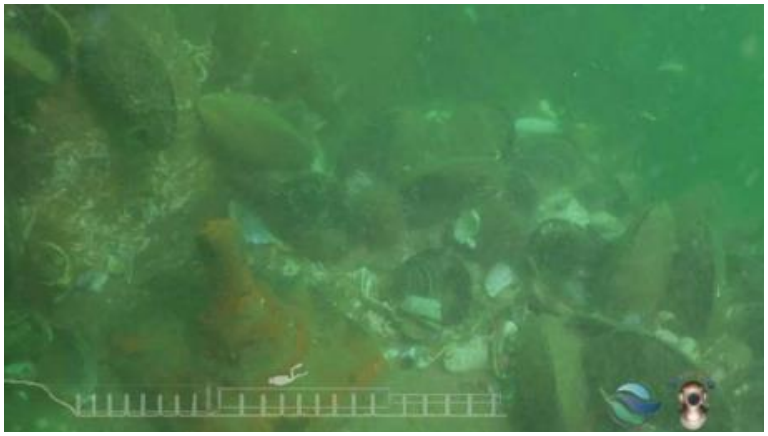


Figura 5.5 - Pernos sem proteção catódica e com bastante corrosão

É notável a existência de redes, cabos e artefactos de pesca presos ao difusor. Estes elementos são os maiores causadores de destruição dos *"risers"*.



Figura 5.6 - Redes de pesca presas ao difusor

Associado às obstruções de funcionamento e de inspeção, existem as incrustações ao longo da conduta.

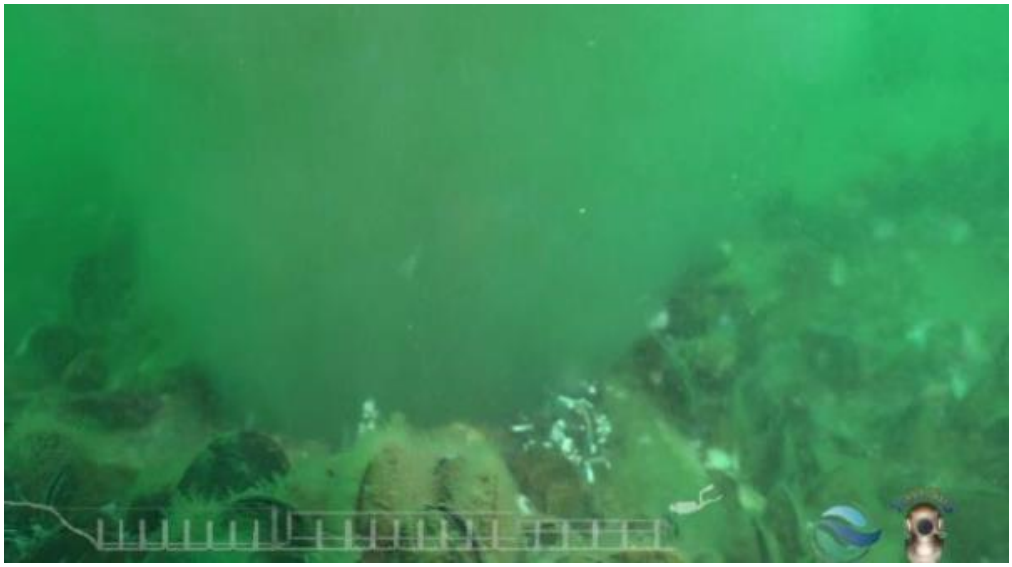


Figura 5.7 - Incrustações na envolvente do orifício.

5.1.3.1 Conclusões da análise

Face ao anteriormente expresso as principais conclusões da análise efetuada foram:

- *"Risers"* partidos e orifícios obstruídos;
- Fugas nos *"risers"* tamponados;
- Problemas na proteção catódica, oxidação e consequente corrosão.

5.1.4 Análise dos Elementos do Emissário Submarino de Matosinhos

O Emissário de Matosinhos é explorado por uma entidade diferente das já referidas nos casos anteriores (Gaia, São Jacinto e Espinho) e por tal também foram fornecidos menos elementos acerca do caso em estudo.

Na análise aos elementos presentes no anexo II, preenchido pela entidade exploradora, verificamos que o emissário está em pleno funcionamento, mas com alguns problemas no difusor no ponto de vista do funcionamento hidráulico, apresentando alguns ramais de descarga obstruídos.

O emissário é inspecionado pelo menos uma vez por ano, por intermédio de mergulhadores, que fazem um registo em filme e elaboram o respetivo relatório detalhado acerca do estado do emissário submarino.

Não tendo sido fornecido, nem encontrado, um historial e /ou relatórios de inspeções subaquáticas sobre o emissário de Matosinhos, torna-se muito difícil realizar uma análise mais detalhada sobre o caso em estudo.

6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

6.1 NOTA INTRODUTÓRIA

Neste capítulo será realizada a avaliação do estado de funcionamento de cada emissário face à análise efetuada nos capítulos anteriores, não esquecendo a necessidade de apresentar hipóteses e alternativas de resolução para os problemas existentes.

Como referido anteriormente, a exploração de cada emissário submarino é executada pela entidade detentora da sua propriedade ou delegada por aquela. Não havendo legislação que comprometa e/ou direcione os **planos de monitorização e manutenção** das infraestruturas, as entidades em causa optam pelos próprios planos de monitorização.

Devido à diferente morfologia dos emissários submarinos, os problemas manifestados em cada estrutura não simbolizam um padrão de problemas na sua generalidade. Devido a este facto, os emissários são analisados caso a caso e, na maior parte das situações, trecho a trecho.

Os planos de **monitorização** passam, quase sempre, por inspeções subaquáticas periódicas à infraestrutura permitindo a elaboração de um registo visual e um relatório detalhado com as patologias e outros aspetos encontrados.

Propõem-se como principais focos da **monitorização** a realizar, os seguintes:

1. **Inspeção e levantamento** - Inspeção e levantamento visual de todo o desenvolvimento do emissário desde a câmara de carga até à extremidade do emissário;
2. **Periodicidade** - Inspeção anual no período compreendido entre os meses de maio e agosto e igualmente realizada após a ocorrência de grandes temporais;
3. **Duração da Inspeção** - As campanhas de monitorização deverão ser realizadas durante o período de serviço do emissário;
4. **Especificações** - Dos trabalhos a realizar deverão constar:
    a. Inspeção e filmagem da extensão total do emissário, com pormenorização de todos os componentes do mesmo;
    b. Identificação de todas as componentes das ligações degradadas em especial as componentes da proteção catódica;
    c. Identificação da inexistência de apoios das estruturas de betão por erosão localizada;
    d. Remoção de redes e outros artefactos que estejam presos no emissário;
    e. Inspeção da monoboia;
    f. Controlo da qualidade da água na descarga.
5. **Relatório** - com identificação e diagnóstico exaustivo da integridade estrutural dos componentes que constituem o emissário, incluindo desenhos de pormenorização, devendo ser indicadas as datas/horas da inspeção subaquática, o equipamento utilizado, as condições meteorológicas e oceanográficas e quaisquer factos relevantes.

Quanto aos **planos de manutenção**, os mesmos deverão ser realizados e aplicados conforme as necessidades de cada emissário. Como referido anteriormente, estas variam de caso para caso, conforme a morfologia e solicitações marítimas na zona onde foram contruídos.

De forma geral, os planos de manutenção para qualquer tipo de sistema em funcionamento são elaborados após análise das fragilidades existentes ou passíveis de ocorrência na infraestrutura em causa.

6.2 PRINCIPAIS PROBLEMAS

No capítulo anterior constatam-se os variados problemas que surgem do ponto de vista do funcionamento hidráulico nas condutas (e emissários) submarinas ao longo do seu período de exploração e em particular os problemas resultantes das solicitações marítimas em todo o corpo do emissário submarino.

Com base nos dados analisados, identificaram-se quatro principais problemas, sendo alguns deles recorrentes:

- Assoreamento;
- Ausência de proteção catódica;
- Danos provocados por embates de embarcações e/ou artefactos de pesca;
- Danos estruturais resultantes da agitação marítima.

Estes problemas serão abordados mais em pormenor ao longo dos próximos subcapítulos, procurando-se, com base no seu conhecimento e através de uma pontuação classificar o seu desempenho atual considerando e ponderando o historial de problemas caso exista.

6.3 DESEMPENHO

O desempenho do emissário submarino pode ser classificado de acordo com o seu funcionamento. O processo de descarga de efluente sofre várias perturbações, tanto a nível hidráulico como a nível de estabilidade do corpo do exutor. Desta maneira elaborou-se primeiro um estudo de risco, adaptado ao desempenho de emissário submarinos, tendo como principal objetivo, a classificação do desempenho do exutor.

A análise de risco baseia-se nos problemas ocorridos nos casos de estudo apresentados no capítulo anterior, atribuindo-se níveis de pontuação à probabilidade de ocorrência e á respetiva consequência gerada pela ocorrência do problema. Perante a pontuação atribuída a cada emissário, é atribuída a classificação final de risco através da média ponderada das pontuações em cada problema.

6.4 GESTÃO DO RISCO

A gestão do risco é um processo que contempla, desde a descrição inicial do objetivo, à identificação dos perigos e à estimativa dos riscos, através da avaliação da tolerância ao risco e identificação de potenciais reduções do mesmo, para a seleção e implementação de medidas apropriadas de gestão do risco(Pires 2020).

De acordo com a Norma ISO 31000, a implementação da gestão do risco deverá obedecer aos seguintes princípios (Pires 2020):

- Melhorar a frequência com que são atingidos os objetivos;
- Encorajar a gestão proactiva;

- Estar atentos à necessidade de identificar e tratar o risco através da organização;
- Melhorar a identificação de oportunidades e ameaças;
- Cumprir com a relevância legal, as exigências regulamentares e normas internacionais;
- Melhorar a comunicação;
- Melhorar o governo;
- Melhorar a confiança nos parceiros;
- Estabelecer uma base confiável para a tomada de decisão e planeamento;
- Melhorar o controlo;
- Alocar e utilizar eficientemente os recursos para o tratamento do risco;
- Aprimorar a performance de saúde e segurança, assim como, a proteção ambiental;
- Melhorar a prevenção de perdas e gestão do incidente;
- Minimizar perdas;
- Melhorar a aprendizagem organizacional;
- Melhorar a resiliência do sistema.

Habitualmente, as etapas consideradas para a Gestão de Risco são as seguintes:

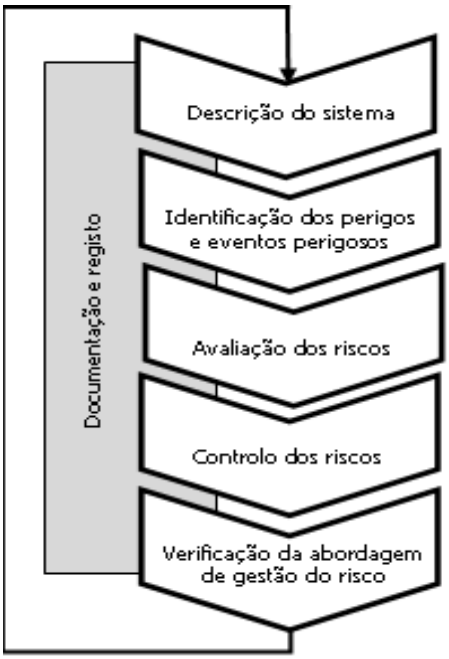


Figura 6.1 - Representação das etapas para a Gestão de Risco (Pires 2020)

A eficiência da gestão do risco relaciona-se com o cumprimento dos seguintes objetivos (Pires 2020):

- Criam e protegem valores;
- São uma parte integral de todos os processos organizacionais;
- Incorporam-se nos processos de tomada de decisão;
- Consideram explicitamente a incerteza;
- São sistemáticos, estruturais e temporais;
- São baseados na melhor informação disponível;
- São adaptáveis;
- Consideram os fatores humanos e culturais;
- São transparentes e inclusivos;

- São dinâmicos, iterativos e respondem à mudança;
- Facilitam a melhoria continua da organização.

Uma possível estrutura organizativa para uma **Gestão de Risco** pode ser esquematizada conforme Figura 6.2:

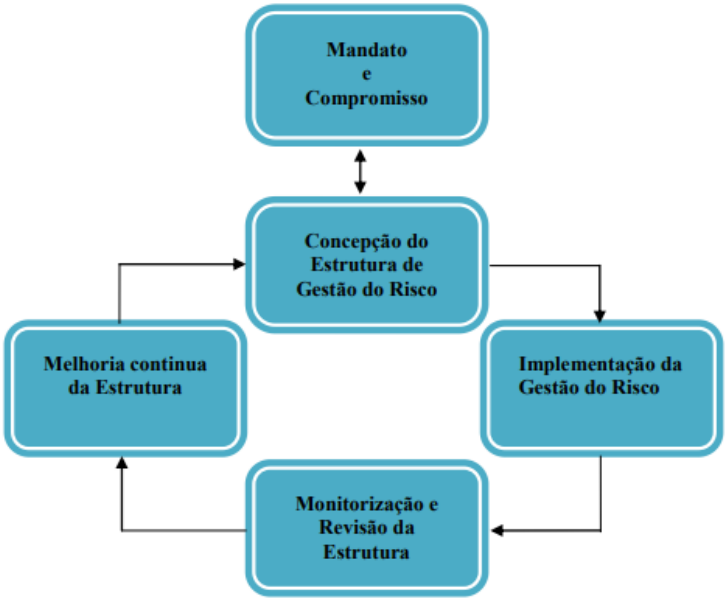


Figura 6.2 - Estrutura para a Gestão de Riscos (Pires 2020)

Explicitando cada uma das etapas enunciadas:

1. **Conceção da Estrutura da Gestão do Risco**: Os processos de gestão do risco devem ser bem projetados para possibilitar a efetiva implementação. Definindo o contexto da estrutura da gestão do risco, a formulação de uma política de gestão do risco, adequar os processos à prática, alocar recursos e determinar responsabilidades são todos os elementos-chave para desenhar um contexto para gerir o risco. Um sistema bom e regular de comunicação para com os parceiros e um efetivo mecanismo de comunicação dará suporte efetivo à implementação. No âmbito dos processos de gestão associados ao desempenho dos emissários submarinos, refere-se que são imperativos a compreensão da inerente política, o tipo de estrutura presente, e o historial de problemas ocorridos em cada caso.
2. **Implementação da Gestão do Risco**:A implementação trata de colocar a teoria em prática e dar, concretamente, vida ao contexto da gestão do risco. Especificamente, trata-se de assegurar que a gestão do risco é compreendida pelos donos do risco (através de uma boa comunicação e treino), e as atividades de gestão do risco tomam lugar (através da enumeração dos riscos, workshops do risco, controlos internos, etc.) e decisões e processos que são um fator de pensamento de risco.
3. **Monitorização e Análise**: Envolve a confirmação de que os vários elementos de gestão do risco e atividades estão efetivamente funcionando em linha com as expectativas. Quaisquer diferenças identificadas devem ser documentadas e remediadas.
4. **Melhoria contínua**: Baseado nos resultados e revisões, tomam-se decisões e melhoram-se os elementos-chave do contexto da gestão do risco para aperfeiçoar processos correntes e/ou progredir para um contexto de gestão de risco mais maduro. Uma organização com um comprometimento elevado vai melhorar os seus processos e amadurecê-los com o tempo.

6.5 QUANTIFICAÇÃO DO RISCO DOS EMISSÁRIOS SUBMARINOS

A avaliação e quantificação do risco associado a cada um dos perigos identificados em cada sistema em análise – neste caso um emissário submarino, é proposto e estabelecido a partir da probabilidade do mesmo ocorrer, através da introdução de uma *escala de probabilidade* de ocorrência e das consequências para o desempenho do emissário submarino, por intermédio de uma *escala de severidade* das consequências.

No presente trabalho apresentam-se matrizes de risco associadas aos problemas/riscos mais frequentes nos emissários submarinos. Cada um dos emissários em estudo será alvo de avaliação e classificação através da probabilidade de ocorrência de cada risco em análise e da severidade das consequências com base nas pontuações criadas através de um critério proposto e de classificação baseada nos questionários preenchidos pelas entidades gestoras dos exutores.

As pontuações preconizadas e utilizadas para classificar a *probabilidade* de ocorrência foram atribuídas de acordo com registos efetuados nos relatórios de inspeções aos exutores durante a sua atividade. Tendo em conta a subjetividade da análise, optou-se por utilizar uma escala variável de pontuação de 1 a 3. Para classificar a *severidade* da consequência, recorreu-se também a uma escala variável de 1 a 3.

Tabela 6.1 - Níveis de probabilidade de ocorrência

Probabilidade de ocorrência	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Severidade das consequências			

A classificação final de cada risco é obtida através do produto da *probabilidad*e de ocorrência e da *consequência* associada, admitindo-se que o resultado corresponde a 3 níveis de classificação (A – Alto, M – Médio, B – Baixo), de acordo com os intervalos definidos na Tabela 6.3.

Tabela 6.2 - Pontuação de Riscos

Pontuação de risco	< 4	4	>4
Classificação de risco	(B)Baixo	(M)Médio	(A)Alto

6.5.1 RISCO DE ASSOREAMENTO

A zona do difusor é a zona mais sensível ao assoreamento em todo o sistema de descarga, onde poderá ocorrer a entrada de areia pelos orifícios podendo originar condicionamentos no funcionamento hidráulico do emissário.

Na tabela 6.4 apresenta-se a probabilidade de ocorrência do assoreamento ao longo de toda a conduta.

O critério para a descrição utilizada tem como base os registos partilhados nos questionários preenchidos pelas entidades gestores das infraestruturas marítimas em estudo.

Tabela 6.3 - Escala de probabilidade de ocorrência do assoreamento.

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Níveis
Quase certa	Ao final de 1 ano	3
Provável	Ao final de 6 meses	2
Raro	Ao final de 1 mês	1

Face ao exposto, os 3 níveis de severidade das consequências são focados na zona do difusor, uma que esta é a zona critica perante o problema de assoreamento, tal como já referido.

Tabela 6.4 - Escala de severidade das consequências devidas à ocorrência de assoreamento não desejado

Severidade das consequências/impactos	Descrição	Níveis
Pequena	Difusor não assoreado	1
Grande	Mais de 10% do difusor assoreado	2
Catastrófica	Mais de 50% do difusor assoreado	3

Na sequência da definição das escalas e no seguimento das tabelas 6.3 e 6.4, elaborou-se a matriz de risco para as consequências do assoreamento nas infraestruturas, propondo-se a utilização das cores verde, amarelo e vermelho para cada um dos três níveis definidos de classificação ("(B)Baixo", "(M)Médio" e "(A)Alto").

Tabela 6.5 - Mariz de classificação de Risco para consequências do assoreamento

Probabilidade de ocorrência	Consequências		
	Pequena (1)	Grande (2)	Catastrófica (3)
Quase certa (3)	B	A	A
Provável (2)	B	M	A
Rara (1)	B	B	B

6.5.1.1.1 Com base nesta proposta de metodologia são, de seguida, apresentadas as classificações para os casos de estudo incluídos na presente tese.

6.5.1.2 Aplicação no emissário submarino de Gaia

Para classificar o estado da infraestrutura do emissário de Gaia quanto ao assoreamento, recorre-se ao exposto no capítulo anterior, onde se apresentam os problemas conhecidos e existentes na estrutura em estudo.

Nas inspeções subaquáticas realizadas ao exutor de Gaia pôde verificar-se que a estrutura está constantemente a ser assoreada/desassoreada em resultado da ação das correntes marítimas. Deste modo atribui-se o nível 3 (“Quase Certa”) quanto à probabilidade de ocorrência.

Tendo em conta que os últimos registos de inspeções, regista-se assoreamento ao nível dos orifícios em praticamente todo o troço do difusor. Assim, atribui-se a severidade de nível 3 no exutor em causa.

Como classificação final ao emissário de Gaia, resulta (3x3=9).

6.5.1.3 Aplicação no emissário submarino de Espinho

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de Espinho pôde verificar-se que a estrutura não apresenta problemas de assoreamento. Deste modo atribui-se nível 1 à probabilidade de ocorrência.

Tendo em conta que as últimas inspeções não registam problemas devido ao assoreamento ao longo da conduta, atribui-se a severidade de nível 1 no exutor em causa.

Desse modo e como classificação final ao emissário de Espinho, resulta 1x1=1.

6.5.1.4 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto

No emissário de São Jacinto ao longo do período de funcionamento é verificado assoreamento, mas também o desassoreamento. Em 2016 a erosão originou a passagem de água por baixo da soleira da conduta, quando este devia estar pousado na superfície do mar. Este problema não foi abordado para a classificação do emissário, porque apesar de estar desassoreado na zona da conduta, esta mantinha os anéis de afundamentos enterrados, fazendo com que permanecesse estável e sem motivos de alarme.

Contudo o problema em 2017 desapareceu com o assoreamento natural de 2016 para 2017.

Deste modo, atribui-se nível 3 à probabilidade de ocorrência.

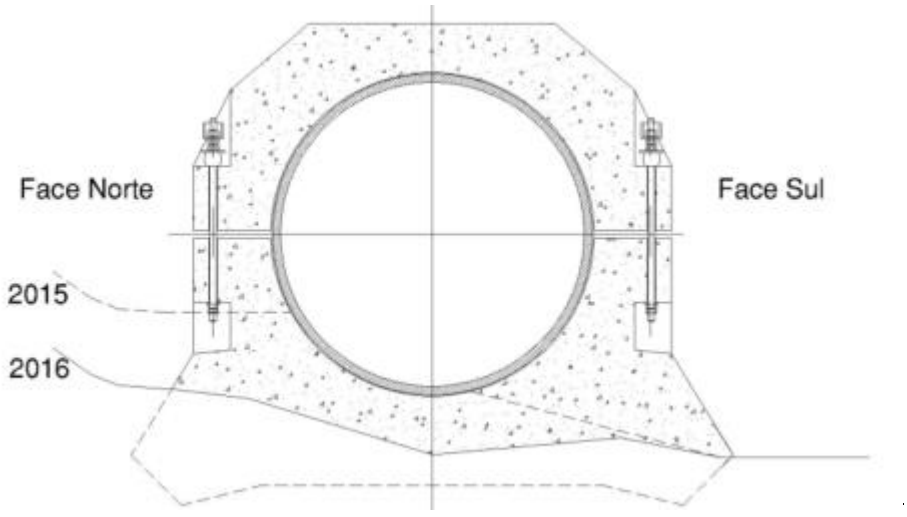


Figura 6.3 - Comparação de desassoreamento da conduta entre 2015 e 2016

Tendo em conta que o último registo de inspeção não regista assoreamento ao longo da conduta, atribui-se à severidade de nível 1 no exutor em causa.

À semelhança do emissário submarino de Espinho, a classificação final relativa ao emissário de São Jacinto, é 3x1=3.

6.5.1.5 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos

Quanto ao emissário submarino de Matosinhos, não foi possível retirar realizar qualquer análise acerca do assoreamento, uma vez que não existem elementos suficientes para a respetiva análise.

6.5.2 RISCO DE AUSÊNCIA DE PROTEÇÃO CATÓDICA

Na tabela 6.9 apresenta-se a probabilidade de ocorrência para a ausência de proteção catódica nas ligações existentes ao longo da conduta. A descrição foi realizada com base numa escala temporal em que se observa a degradação do material e componentes para este fim e conforme registos partilhados nos questionários preenchidos pelas entidades gestoras.

Tabela 6.6- Escala de Probabilidade de Ocorrência de ausência de proteção catódica

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Níveis
Quase certa	Ao final de 10 anos	3
Provável	Ao final de 5 anos	2
Raro	Menos de 5 anos	1

A redução do material existente nas ligações oxidadas, consequência da ausência de proteção catódica, pode levar ao colapso da conduta em situações extremas. A tabela 6.9 representa a consequência da ausência da proteção catódica.

De forma resumida o processo de deterioração do material existente nas ligações regista as seguintes fases:

1. Ausência de proteção catódica;
2. Oxidação das peças de ligação;
3. Redução do material de composição das peças;
4. Colapso da peça de ligação.

Em situações extremas os elementos de ligações existentes em boas condições podem não ser suficientes para garantir a estabilidade do exutor, sendo possível a ocorrência de colapso.

A descrição utilizada, tem como base os registos partilhados nos questionários preenchidos pelas entidades gestores das infraestruturas marítimas em estudo.

Tabela 6.7 - Escala de Severidade das Consequências com ausência da proteção catódica.

Severidade das consequências/impactos	Descrição	Níveis
Pequena	Menos de 10% das ligações	1
Grande	Mais de 50% das ligações	2
Catastrófica	Mais de 75% das ligações	3

No seguimento das tabelas 6.6 e 6.7, elaborou-se a matriz de risco para as consequências da ausência da proteção catódica.

Tabela 6.8 - Mariz classificação de risco para consequências da ausência de proteção catódica

Probabilidade de ocorrência	**Consequências**		
	Pequena (1)	Grande (2)	Catastrófica (3)
Quase certa (3)	B	A	A
Provável (2)	B	M	A
Rara (1)	B	B	B

No seguimento da apresentação da metodologia apresentada relativa ao "risco" ausência da proteção catódica das ligações existentes é, de seguida, apresentada a análise realizada para cada um dos casos em estudo.

6.5.2.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia

Nas inspeções subaquáticas realizadas e conhecidas do exutor de Gaia, pode concluir-se que a estrutura apresenta ausência de proteção catódica na maior parte dos elementos que estabelecem ligação entre a estrutura, registando-se ainda a remoção de alguns elementos, como por exemplo a flange cega situada no final da conduta, na extremidade do difusor.

Quanto à probabilidade de ocorrência e tendo em conta que a estrutura não é intervencionada a nível da proteção catódica há mais de 5 anos, atribui-se o nível 2.

Atribui-se a severidade de nível 3 no exutor face a inexistência do elemento atrás referido, no funcionamento da infraestrutura e com consequências graves para o seu funcionamento e durabilidade.

Como classificação final ao emissário de Gaia, resulta 2x3=6.

6.5.2.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de Espinho, pode concluir-se que a estrutura em causa apresenta ausência de proteção catódica em grande parte dos elementos que estabelece ligação entre a estrutura.

Quanto à *probabilidade de ocorrência* e tendo em conta que a estrutura não é intervencionada a nível da proteção catódica há mais de 10 anos, atribui-se o nível 3.

Contudo, os últimos registos de inspeções registam ausência de proteção catódica em grande parte da extensão da conduta, atribui-se assim a *severidade* de nível 2 no exutor em causa.

Como classificação final ao emissário de Espinho, resulta 3x2=6.

6.5.2.3 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de São Jacinto, pode verificar-se que a estrutura apresenta ausência de proteção catódica em grande parte dos elementos que estabelece ligação entre a estrutura. Regista ainda ausência de elementos de ligação nas partes estruturais do exutor devido à corrosão dos materiais.

Quanto à probabilidade de ocorrência e tendo em conta que a estrutura não é intervencionada a nível da proteção catódica há mais de 10 anos, atribui-se o nível 3.

Atribui-se a severidade de nível 3 no exutor em causa.

Como classificação final ao emissário de Espinho, resulta 3x3=9.

6.5.2.4 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos

Quanto ao emissário submarino de Matosinhos, não foi possível retirar realizar qualquer análise acerca do assoreamento, uma vez que não existem elementos suficientes para a respetiva análise.

6.5.3 RISCO DE DANOS CAUSADOS POR ARTEFACTOS DE PESCA E/OU EMBATES DE EMBARCAÇÕES.

Na tabela 6.9 apresenta-se a ***probabilidade de ocorrência*** relacionada com o eventuais embates de embarcações na conduta e/ou danos causados por artefactos de pesca que ficam presos ao exutor. A descrição indicada apresenta-se através de uma escala temporal, resultante dos registos partilhados nos questionários preenchidos pelas entidades gestoras.

Tabela 6.9 - Escala de Probabilidade de Ocorrência danos provocados por embarcações ou artefactos de pesca

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Níveis
Quase certa	Ao final de 1 ano	3
Provável	Ao final de 6 meses	2
Raro	Menos de 1 mês	1

À semelhança do que acontece em relação ao assoreamento, o difusor também constitui a zona crítica. Deste modo a avaliação dos impactos causados pelos embates de embarcações e artefactos de pesca, é focado no difusor.

Os danos causados por este tipo de incidentes nos *"risers"* causam problemas no funcionamento hidráulico do exutor. Por tal, considera-se que o impacto deste tipo de ocorrência incide quase exclusivamente na análise das consequências que possam ocorrer no difusor.

Tabela 6.10- Escala de Severidade das Consequências dos danos provocados por embarcações ou artefactos de pesca

Severidade das consequências/impactos	**Descrição**	**Níveis**
Pequena	Até 10% dos *"risers"* danificados	1
Grande	Até 30% dos *"risers"* danificados	2
Catastrófica	Mais de 50% dos *"risers"* danificados	3

No seguimento das tabelas 6.9 e 6.10, apresenta-se na Tabela 7.18 a matriz de risco para as consequências dos danos provocados por embates das embarcações e artefactos de pesca.

Tabela 6.11 - Matriz de classificação de risco para consequências dos danos provocados por artefactos de pesca e/ou embates de embarcações

Probabilidade de ocorrência	**Consequências**		
	Pequena (1)	Grande (2)	Catastrófica (3)
Quase certa (3)	B	A	A
Provável (2)	B	M	A
Rara (1)	B	B	B

6.5.3.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de Gaia, não são identificados danos na estrutura provocados por embates de embarcações, nem por artefactos de pesca.

Quanto à *probabilidade de ocorrência* e tendo em conta os registos em cima referidos atribui-se nível 1.

Relativamente à *severidade da consequência*, atribui-se nível 1, uma vez que não há registos de *"risers"* partidos.

Como classificação final ao emissário de Gaia, resulta 1x1=1.

6.5.3.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho

Nas inspeções subaquáticas conhecidas e realizadas ao exutor de Espinho, são identificadas redes de pescas presas ao difusor, *"risers"* tamponados com fugas e ainda *"risers"* partidos. Os danos existentes nos mecanismos de descarga são provavelmente resultado dos artefactos de pesca que ficam presos ao difusor.

Quanto à probabilidade de ocorrência e tendo em conta que este problema é recorrente no caso em estudo, atribui-se nível 3.

Relativamente à severidade da consequência, atribui-se nível 2, uma vez que os registos mais recentes evidenciam danos em algumas partes do difusor.

Como classificação final ao emissário de Espinho, resulta 3x2=6.

6.5.3.3 Aplicação no emissário submarino de São Jacinto

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de São Jacinto não são identificados danos na estrutura provocados por embates de embarcações, nem por artefactos de pesca.

Quanto à probabilidade de ocorrência e tendo em conta que não são conhecidos registos de inspeções subaquáticas com que evidenciem este problema, atribui-se nível 1.

Relativamente à severidade da consequência, atribui-se nível 1, uma vez que não há registos de *"risers"* partidos.

Como classificação final ao emissário de São Jacinto, à semelhança do emissário de Gaia resulta 1x1=1.

6.5.3.4 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos

Quanto ao emissário submarino de Matosinhos, nada de pode concluir acerca dos danos provocados pelos artefactos de pesca e/ou embates de embarcações, uma vez que não existem elementos suficientes para a respetiva análise.

6.5.4 RISCO DE DANOS ESTRUTURAIS

Em relação a danos estruturais, a probabilidade de ocorrência requer uma análise mais particular e especial dada a importância deste risco no funcionamento hidráulico, assim como a importância da estabilidade da estrutura.

A probabilidade de ocorrência é direcionada principalmente à época do ano e consequentes condições climatéricas adversas. Assim, classifica-se da seguinte forma os três níveis de intensidade:

1. Probabilidade de ocorrência "Raro" durante o verão de cada ano;
2. Probabilidade de ocorrência "Provável" no final de cada inverno;
3. Probabilidade de ocorrência *"Quase certa",* no final de cada tempestade ocorrida.

Tabela 6.12 - Escala de Probabilidade de Ocorrência danos estruturais

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Níveis
Quase certa	No final de cada tempestade	3
Provável	No final de cada Inverno	2
Raro	Durante o verão	1

Quanto à severidade das consequências, inserem-se os vários níveis de intensidade numa escala de elementos danificados na estrutura em estudo. Assim, na tabela 7.3, identificam-se os seguintes níveis de classificação da severidade:

1. Severidade *"Pequena"* até 5% dos elementos estruturais danificados;
2. Severidade *"Grande"* até 20% dos elementos estruturais danificados;
3. Severidade *"Catastrófica"* mais 50% dos elementos estruturais danificados.

Tabela 6.13 - Escala de Severidade das Consequências dos danos estruturais na zona de rebentação de onda

Severidade das consequências/impactos	**Descrição**	**Níveis**
Pequena	Até 5% dos elementos estruturais danificados	1
Grande	Até 20% dos elementos estruturais danificados	2
Catastrófica	Mais de 50% dos elementos estruturais danificados	3

Após elaboração das tabelas 6.12 e 6.13, constitui-se a matriz de risco para as consequências dos danos estruturais existentes nos emissários submarinos.

Tabela 6.14 - Matriz de classificação de risco para consequências dos danos estruturais

Probabilidade de ocorrência	**Consequências**		
	Pequena (1)	Grande (2)	Catastrófica (3)
Quase certa (3)	B	A	A
Provável (2)	B	M	A
Rara (1)	B	B	B

6.5.4.1 Aplicação no emissário submarino de Gaia

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de Gaia, verifica-se um historial de danos na parte estrutural do emissário submarino. Ao longo dos anos, foi necessário reforçar o enrocamento do esporão de proteção, reforço e reparação das ancoragens e ainda a reparação, reforço e tratamento do betão e armaduras existentes no troço inicial da conduta.

Assim e quanto à probabilidade de ocorrência, atribui-se o nível 2, uma vez que existem vários registos de problemas causados pela agitação marítima.

Relativamente à severidade da consequência, atribui-se nível 2, uma vez que existem várias lacunas estruturais na conduta em estudo.

Como classificação final ao emissário de Gaia, resulta 2x2=4.

6.5.4.2 Aplicação no emissário submarino de Espinho

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de Espinho não são identificados danos na estrutura provocados por agitação marítima ou algo similar.

Face ao conhecimento atual e quanto à probabilidade de ocorrência e tendo em conta que não são conhecidos registos de inspeções subaquáticas com anomalias estruturais provocadas pela agitação marítima, atribui-se o nível 1.

Relativamente à severidade da consequência, atribui-se nível 1, uma vez que não há registos de danos estruturais.

Como classificação final ao emissário de São Jacinto, resulta 1x1=1.

Aplicação no emissário submarino de São Jacinto

Nas inspeções subaquáticas conhecidas do exutor de São Jacinto, não são identificados danos na estrutura provocados por agitação marítima ou algo similar.

Á semelhança do emissário de Espinho, quanto à probabilidade de ocorrência atribui-se nível 1, uma vez que não conhecidos danos provocados pela agitação marítima ao longo do período de funcionamento do emissário.

Relativamente à severidade da consequência, atribui-se nível 1, não havendo registos de danos estruturais ao longo da conduta que impliquem outro nível.

Como classificação final ao emissário de São Jacinto, resulta 1x1=1.

6.5.4.3 Aplicação no emissário submarino de Matosinhos

Quanto ao emissário submarino de Matosinhos, nada se pode concluir acerca de danos estruturais, uma vez que não existem elementos suficientes para a respetiva análise.

6.5.5 RESUMO

Como os aspetos analisados apresentam diferentes riscos e com o objetivo de obtenção de uma "classificação final" de cada emissário, recorreu-se a uma média ponderada entre diferentes situações de risco atribuindo-se diferentes percentagens, conforme a importância de cada situação.

Como é óbvio, existe muita subjetividade em relação às percentagens a atribuir. No entanto, a que se propõe e que são resultado da análise dos dados fornecidos e preenchidos pelas entidades gestoras nos questionários respondidos no Anexo I, Anexo II, Anexo III e Anexo IV, é um exemplo que com mais conhecimento é possível melhorar o processo de análise.

Assim e tendo em conta as consequências das situações de risco que têm sido apresentadas, optou-se por atribuir 35% aos "*Danos estruturais*" presentes no emissário submarino. Estes danos, quando surgem, podem causar sérios problemas na estabilidade da exutor e em situações extremas originam o colapso da estrutura.

Em seguida considera-se "Danos provocados por artefactos de pesca ou embates de embarcações" ao nível do "Assoreamento" com 25% para a classificação final do exutor. Aos problemas referidos atribui-

se uma classificação intermédia na globalidade da classificação, uma vez que dificilmente originam o colapso da estrutura, causando principalmente, problemas a nível de funcionamento hidráulico.

Por último e para obtenção da análise completa, atribui-se 15% ao "Ausência de proteção catódica". Este que apesar de lhe ser atribuído menos cotação na classificação final do emissário, também tem a sua importância, até porque é um problema comum no universo de exploração dos emissários submarinos.

Em resumo, a classificação final quanto ao estado de desempenho de cada emissário estudado será apresentada através de 3 níveis (A – Alto, M – Médio, B – Baixo), de acordo com a escala definida na tabela 6.1 e na sequência das avaliações intermédias realizadas.

A matriz representada na tabela 6.15, resume os resultados obtidos em cada categoria de risco e para cada emissário submarino e com base nas partições propostas a classificação global, face ao conhecimento até à data.

Tabela 6.15 - Matriz de Avaliação de Desempenho

Probabilidade de ocorrência	**Resultados**				
	Assoreamento (25%)	**Ausência de proteção catódica (15%)**	**Danos provocados por artefactos de pesca ou embarcações (25%)**	**Danos estruturais na zona de rebentação (35%)**	**Classificação final**
Emissário de Gaia	9	6	1	4	A
Emissário de Matosinhos	--	--	--	--	--
Emissário São Jacinto	1	9	1	1	B
Emissário Espinho	2	6	6	1	B

Perante os resultados representados na tabela 6.15, verifica-se que o Emissário de Gaia é o que apresenta pior "desempenho" global.

Quanto aos emissários Espinho e São Jacinto, apresentam ambos baixo risco de mau desempenho conforme escala presente na tabela 6.2, onde a pontuação final é 3.5<4 e 3.25<4, respetivamente.

7
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

No decurso do trabalho elaborado, pode concluir-se que os problemas detetados nos emissários submarinos dependem de muitos aspetos tais como o tipo de construção, a qualidade da mesma, a localização e os procedimentos de exploração.

Nos casos selecionados para estudo, foi criado e apresentado um inquérito às correspondentes entidades gestoras, com o objetivo de recolher elementos de cada emissário e que serviu como princípio para avaliação do desempenho dos emissários submarinos existentes em Portugal, sendo também um elemento a ter em conta quando se procura a elaboração de um plano de monitorização.

Foram apresentados e identificados anteriormente vários problemas destacando-se quatro, considerados principais para uma abordagem mais específica em cada caso de estudo. São:

- Assoreamento;
- Ausência de proteção catódica;
- Danos provocados por embates de embarcações e/ou artefactos de pesca;
- Danos estruturais resultantes da agitação marítima.

Em sequência e para se desenvolver uma metodologia para análise dos elementos recolhidos, utilizou-se a teoria do risco adaptada à "performance" dos emissários submarinos, de modo a realizar uma classificação do desempenho de cada emissário em estudo. A criação de escalas classificativas para a "severidade de ocorrência" e "probabilidade de ocorrência" aplicada a cada caso proporcionou uma classificação final, depois de ponderada entre as várias categorias de risco, sobre o estado de desempenho do exutor, dividida em três níveis de risco, de cor (Baixo; Médio; Alto).

Toda a análise realizada visa classificar o estado global atual destes emissários, com o objetivo de melhorar, através de ações a desenvolver, melhorar o desempenho atual. Para tal, devem ser tomadas algumas medidas preventivas, por forma a minorar os principais danos existentes, assim como criar novas rotinas a inserir num possível plano de monotorização a adotar.

Como já referido anteriormente, o assoreamento é um dos problemas recorrentes nos emissários submarinos originando problemas no seu funcionamento hidráulico. Paralelamente e posteriormente, a este problema poderá haver o desassoreamento de certas zonas do emissário causando problemas de estabilidade ao longo da conduta.

O assoreamento deve ser especialmente vigiado na zona do difusor, de forma que seja evitada a entrada de inertes nos orifícios de descarga de efluentes e que originam instabilidade no funcionamento hidráulico do emissário. Deste modo, propõe-se inspeções subaquáticas com a janela temporal adequada aos registos de assoreamento existentes no historial de inspeções. No caso de assoreamento na zona do difusor ser uma constante e quando as dragagens não sejam suficientes para colmatar o problema, propõe-se alterações dos dispositivos de descarga existentes, como, por exemplo, a utilização de "risers" em vez da utilização de orifícios.

Dos principais problemas acima descritos, e talvez o mais frequente é a "Ausência de proteção catódica". Para mitigação deste problema, propõem-se inspeções periódicas às ligações da estrutura - pelo menos uma vez por ano, onde depois de identificadas as ligações deve-se proceder à respetiva retificação, tanto a nível da reposição da proteção catódica, como à substituição dos elementos de ligações que apresentarem danos por oxidação. A mitigação deste problema é de elevada importância, para se evitar colapso de ligações que por sua vez poderão evitar colapso estruturais no emissário.

No que diz respeito aos danos provocados por embates de embarcações e/ou artefactos de pesca, tal apenas se verificou num dos casos de estudo. No entanto, este problema não é menos importante que os outros, antes pelo contrário. Tendo em conta que a maior parte dos emissários são sinalizados através de boias de sinalização, esta poderá a não estar a funcionar da melhor forma. Portanto, propõe-se um acompanhamento semanal a este tipo de equipamento, sendo que comparativamente fácil de acompanhar em relação aos outros problemas identificados. É importante salientar que a inexistência de sinalização, sinalização danificada ou até sinalização incorreta, proporciona a que embarcações danifiquem o emissário com embates involuntários e, ainda, à prática de pesca nesta zona.

Quanto aos danos estruturais provocados por agitação marítima, estes também se verificam em apenas um dos casos de estudo (Emissário de Gaia), mas que de certa forma se apresentam como problemas sérios. Os problemas também um pouco resultantes das dificuldades existentes na construção do emissário, acompanham desde o início de vida do emissário. Os problemas verificam-se na zona de rebentação, onde o esporão de proteção nem sempre é eficiente aquando da ocorrência de grandes solicitações da agitação marítima. Como já referido anteriormente, a execução das fixações estruturais não foram realizadas da melhor forma ficando o emissário mais vulnerável às solicitações das ondas do mar. Estes problemas não existem quando se opta por um túnel na camada adjacente ao fundo marítimo evitando o contacto direto com as solicitações marítimas na zona de rebentação. Em suma, e para se melhorar o desempenho do emissário era interessante um redimensionamento nos blocos de enrocamento no exporão protetor, assim como um reforço nas fixações estruturais existentes na estrutura em contacto com a zona de rebentação, sempre através de um acompanhamento pormenorizado, sobretudo após o período de inverno e/ou tempestades ocorridas.

De uma forma geral, os emissários submarinos devem ser acompanhados de perto, com plano de monitorização associado, pensado e elaborado em função das características de cada caso. É um esforço que deve ser feito por cada entidade exploradora, uma vez que a preservação destas infraestruturas será, do ponto de vista financeiro, menos dispendiosa do que uma intervenção a fundo por falta de manutenção durante um período de tempo.

Assim, recomenda-se que a monotorização inclua todos os pontos abordados na Tabela 8.1, por forma a garantir o acompanhamento e respetiva preservação futura de todo o corpo da estrutura pertencente ao emissário submarino em causa.

Tabela 7.1 - Mapa resumo para monitorização

Problemas	Recomendações	Periocidade
Difusor		
Entupimento, obstrução de orifícios e *"risers"* danificados;	Levantamento das zonas de descarga com gorduras acumuladas; Levantamento das zonas de descarga com incrustações; Levantamento dos objetos estranhos presentes ao longo da tubagem; Levantamento de tamponamentos com fugas;	Inspeções subaquáticas duas vezes por ano.
Estrutura da Tubagem		
Ligações danificadas	Levantamento do estado da proteção catódica e dos elementos em geral: Ligações de flanges; Estado dos pórticos de ancoragens;	Inspeções subaquáticas duas vezes por ano.
Anéis de afundamento	Fixações de anéis de afundamento ao solo; Estado do betão dos anéis;	Inspeções subaquáticas duas vezes por ano e/ou no final de cada tempestade.
Estrutura de proteção		
Esporão de proteção	Verificar estado e disposição do enrocamento presente no esporão;	Inspeções no final de cada Inverno ou no final de cada tempestade.
Alteração de fundos		
Assoreamento	Verificar cotas dos fundos na envolvente do emissário submarino, principalmente no difusor, de forma a não obstruir os mecanismos de descarga;	Inspeções subaquáticas pelo menos três vezes por ano.
Sinalização		
Boia ou farolim	Estado da boia ou farolim de sinalização;	Verificar semanalmente.
Efluente		
Dispersão insuficiente	Verificação de caudais a descarregar; Prever abertura ou tamponamento dos mecanismos de descarga;	Inspeções subaquáticas duas vezes por ano.

Como tarefas passiveis de desenvolver e na sequência da presente dissertação sugere-se, entre outras, as seguintes:

a) Alargamento do inquérito ao maior número possível de emissários submarinos;
b) Maior conhecimento das tarefas de manutenção realizadas pelas entidades gestoras;
c) Constituição de uma base de dados nacional que permita uma avaliação de desempenho anual destas infraestruturas;
d) Desenvolvimento de planos de manutenção e monitorização de tipo auxiliadores da atividade das entidades gestoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]https://www.etermar.pt/pt/portfolio/condutas-submarinas Consultado a 18/06/2019

[2]http://www.chile-attractions.com/chilean-earthquake.html Consultado a 02/08/2020

[3]http://www.simria.pt/gca/popup_2.php?id=93 Consultado a 15/09/2020

[4]https://www.adp.pt/pt/?id=61&img=25&bl=6 Consultado a 19/09/2020

[5] http://www.simria.pt/gca/popup_2.php?id=97 Consultado a 15/03/2021

Alvarez; C. Revilla; J.A; Medina; R., J. J. A. (2002). "Proposal for Protetion and Stabilization of Outfalls in High Wave Regime Seas. ."

Alves, F., Taveira Pinto, F., Ferreira, J.C. (1999). "A Análise da Vulnerabilidade e do Risco na Zona Costeira Como Contributo para a Tomada de Decisão.".

ANPC (2010). "Riscos Costeiros - Estratégias de Prevenção, Mitigação e Proteção, no Âmbito Do Planeamento de Emergência e do Ordenamento do Território."

Armynot du Châtelet, E., Bout-Roumazeilles, V., Riboulleau, A.,Trentesux, A. (2008). "Sediment (grain size and clay mineralogy) and organic matter quality control on living benthic foraminifera.".

Bonfante, R. L., Duleba, W., Mahiques, M.M. (2005). Dinâmica de fundo da Enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. Revista Brasileira de Paleontologia 8(3):181-192.

Brooks, N. H. (1970). "Conceptual Design of Submarine Outfalls - II: Hydraulic Design of Diffusers."

Burone, L., Venturini, N., Seprechmann, P. Valente. P., Muniz, P. (2006). "Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay.".

Cardoso Gonçalves, J. J. (2016). "Gestão Do Risco Em Emissários Submarinos."

Cardoso Gonçalves, J. J. (2016). Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulcas - Enquadramento Teórico. FEUP.

Cascaes, M. E. C. D. S. (1991). Emissários Submarinos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Chao, J. L. P., L. A. Motta (1978). Disposição de esgotos por emissários submarinos, gerenciamento do controle de poluição e proteção da qualidade das águas costeiras. DAE. São Paulo, Brasil.

Chaves, F. S. C. (2014). Dimensionamento hidráulico-estrutural de emissários submarinos. Estudo de caso. MIEC. FEUP, UP. **Dissertação de Mestrado**.

COBETAR (1996). "Porjeto de Concurso."

Debenay, J. P., Duleba, W.,Bonetti, C., Melo e Souza, S.H., Eichler, B. (2001). "Pararotalia conaneiaensis n.: Indicator of marine influence and water circulation in brazilian coastal and paralic environments.".

Debenay, J. P., Guillou, J.J. (2002). "Ecological transition indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments.".

Duleba, W., Debenay, J.P. (2003). "Hydrodynamic circulation in the estuaries of estação ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages.".

E., A. (1995). "Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution.".

Freire, P. S. (2013). Desempenho Hidráulico de Exutores Submarinos.

Gomes, M. (1995). "Geografia Fisica e Educação Ambiental."

Labbé, A. (2011). "Outfall Performance During Earthquakes and Tsunamis:
Lessons Learned From the Earthquake and Tsunami Chile 27/02."

Loring, D. H. (1991). "Normalization of heavymetal data from estuariane and coastal sediments." Journal of Marine Science. 48:101-115.

Muntau, R. B. J. P. G. H. (1990). Sediments: Chemistry and Toxixity of In Place Pollutans.

Neves, M. d. G. (2004). "Estudo das Pressões Exercidas Sobre uma Conduta PEAD Protegida or um Prisma de Enrocamento." LNEC.

Pereira, F. L. (2004). "Detecção e Mapeamento da Descarga de Efleunte Proveniente Dum Emissário Submarino Utilizando um Veiculo Submarino Autónomo."

Pipelife Norge, A. (2002). Technical Catalogue for Submarine Installations of Polyethylene Pipes.

Pires, W. D. F. (2020). Gestão de Riscos em Sistemas de Abastecimento de Água – Uma abordagem, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ramos, A. M., Nuno Cruz, Nuno Miguel Abreu (2009). "Avaliação de Impacte Ambiental e Modelização de Descargas de Águas Residuais usando Observações Bio-ópticas de Veículos Submarinos Autónomos." CRAS - Articles in National Conferences.

Ramos, F. L. P., Nuno Alexandre Cruz, Mário Neves (2000). Outfall Monitoring Using Autonomous Underwater Vehicles.

Romano, E., Bergamin, L., Finoi, M.G., Carboni, M.G., Ausili, A., Gabellini, M. (2008). "Industrial pollution at Bagnoli (Naples, Italy): Benthic foraminifera as a tool in integrated programs of environmental characterisation."

Ruivo, N. (2018). EMISSÁRIOS SUBMARINOS - TRABALHOS MARÍTIMOS E SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO.

Samia Chiban, A. T., Abdellah Ghenaim, H. Salman, Adel Awad, J-B. Poulet, Mira Sabat (2011). "Sedimentation in the Submarine Outfall and in the Mixing Zones (Avoiding, Diagnosis and Remediation)."

Tavares, D. D. F. (2010). "Simulação no campo próximo da dispersão de efluentes oriundos de um emissário submarino.".

Teodoro, A. C. D., W. e Lamparelli, C.C. (2009). "Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil."

Veloso Gomes, F. (1995). "Reflexões sobre a Vulnerabilidade e Risco de Exposição das Orlas Costeiras às Ações Energéticas do Mar.".

Veloso Gomes, F. (2015). "Elaboração do Programa Base da Reabilitação do Exutor de Gaia Litoral. FASE 2."

Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F., Papadatos, M. (1996). "Vulnerability and Risk Assessment of Urban Areas Exposed To Costal Forcing. ."

Yanko, V., Kronfeld, J., Flexer, A. (1994). "Response of benthic Foraminifera to various pollution sources; implications for pollution monitoring."

ANEXOS

ANEXO I

TÍTULO DA TESE: EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA PORTUGUESA. QUE FUTURO?

EMISSÁRIO SUBMARINO DE GAIA

Estudante: Pedro Tomé Magalhães Alves

Orientador e Coorientador: Prof. Fernando Francisco Machado Veloso Gomes e Prof. José Carlos Tentúgal Valente

Datas. Início e fim da construção, Início de exploração	
Inicio de construção - 1991 Fim de construção - 1992 Inicio de exploração – 1992	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização física	
Diâmetro exterior	Zona I (PK0 – PK780) - Sub-zona IA (PK0 – PK158) – 800 mm - Sub-zona IB (PK158 – PK780) – 968 mm Zona II (PK780 – PK2018) – 800 mm Zona III (PK2018 – PK2214) - difusor – 800 mm
Difusor	- 196 m de comprimento; - desenvolve-se a cotas atuais do fundo de -17,5 m (ZH) e orientação próxima de E-W; - dispõe de 39 orifícios com 100 mm de diâmetro, espaçados cerca de 5 m entre si. Os orifícios estão dispostos em quincôncio, no lado norte e no lado sul do tubo, à exceção de três orifícios que se encontram localizados na geratriz superior.
Tipo de fundação	Afloramentos rochosos e areia.
Espessura da parede	

Peso por metro linear	
Material	Zona I (PK0 – PK780): • - Sub-zona IA (PK0 – PK158) – PEAD; • - Sub-zona IB (PK158 – PK780) – Tubagem de alma de aço envolvida em betão (BONNA); Zona II (PK780 – PK2018) – PEAD; Zona III (PK2018 – PK2214) - difusor – PEAD.
Comprimento	2.214 m (entre a ventosa, situada na estrada marginal, e a extremidade poente do difusor)
Profundidade máxima	-17,5 m (ZH)

Estado atual do emissário. Principais anomalias inventariadas

Existem duas zonas com problemas:

- Zona I/Sub-zona IB – onde existem diversos problemas estruturais;
- Zona III (difusor) – onde as saídas do difusor apresentam condicionamentos.
- Zona I/Sub-zona IB

Problemas estruturais na zona I (3ºRelatório, parecer técnico e recomendações)

O projeto de execução do exutor a submarino elaborado pela CESL em 1987 previa o emprego de tubagem de polietileno de alta densidade, com o diâmetro exterior de 800 mm, em toda a extensão do exutor.

Na zona I (PK0 – PK780), entre a câmara de carga e a cota do fundo natural -13,0 m (ZH), o projeto previa a abertura de uma vala na rocha e o enchimento da mesma com betão, imediatamente após a colocação do tubo.

Na restante extensão(Zonas II e III) o projeto previa que o tubo fosse pousado no fundo natural e estabilizado com anéis de betão armado.

Para a construção do exutor na sub-zona IA (entre o PK0 e o PK158) foram construídos dois esporões, um de cada lado do exutor, para manter a vala aberta e permitir a circulação de equipamento de apoio aos trabalhos.

Após a construção do exutor submarino, os dois esporões convertem-se num único esporão, implantado a sul a tubagem, com direção E-W e com comprimento de cerca de 200 m.

Quando da execução da obra da sub-zona IB (entre o PK158 e o PK780) foi constado que a possança da camada de areia sobrejacente ao substrato rochoso era superior à prevista no projeto, o que, tendo em conta a dificuldade em manter a vala aberta durante o afundamento do tubo, levou o consórcio empreiteiro CPTP – SOMEC a apresentar uma proposta variante, para esta sub-zona, que consistiu na substituição do tubo de PEAD por um tubo de alma de aço revestido a betão *(bonna)* ancorado ao substrato rochoso por pórticos metálicos.

A zona I é onde se verifica rebentação das ondas e onde as ações destas são mais violentas. É uma zona onde é muito difícil trabalhar, em virtude das fortes correntes, que provocam o movimento quase permanente dos materiais incoerentes do fundo, onde as forças de arrastamento e de impulsão são elevadas e onde os mergulhadores não conseguem controlar os seus movimentos.

Percebe-se, por isso, a grande dificuldade em executar e em controlar a execução dos trabalhos, incluindo na solução variante ao projeto inicial e nas obras de reparação e manutenção realizadas posteriormente, e em garantir a sua qualidade final.

Com efeito, tendo por base os documentos disponibilizados, é possível detetar as seguintes anomalias na Sub-zona IB, originadas pela dificuldade em trabalhar nesta zona e de controlar a execução dos trabalhos:

- Na empreitada de construção do exutor em 1992, a solução construtiva das estacas que constituem os montantes dos pórticos não garantiu o atravessamento total da camada superficial de areia até atingir o substrato rochoso, tendo-se detetado, posteriormente, que o varão de ancoragem ao substrato rochoso de alguns pórticos não ficou totalmente protegido pelo encamisamento criado pelas estacas preenchidas com calda de cimento;
- Na empreitada de reparação/manutenção de 2009, a solução construtiva da proteção do exutor com as box-culverts, não garantiu o apoio completo das box-culverts sobre o substrato rochoso nem o total preenchimento do seu interior com betão, tendo sido necessário a posterior proteção da fundação das box-culverts e o completamento do seu enchimento;
- Na empreitada de reparação/manutenção de 2009, não foi garantida a proteção total do revestimento do tubo *Bonna* com os colchões FlexiTex;
- O peso dos sacos de betão colocados na proteção da fundação das duelas, na empreitada de 2014, não foi suficiente para suportar as ações das ondas, tendo alguns deles desaparecido.

Tendo por base o levantamento de 2014 do estado dos pórticos existentes nesta sub-zona IB, para poente do troço protegido pelas Box-culverts, as anomalias detetas são as seguintes:

- Dos 62 pórticos existentes 16 são novos, executados em 2008, e em grande parte já precisam de intervenção ou estavam inoperacionais;
- Das 124 ancoragens existentes (2 por pórtico) 14 estavam partidas e 6 tortas;
- Das 124 estacas existentes 31 não apoiavam no substrato rochoso;
- 1 pórtico tinha os parafusos de fixação da abraçadeira do tubo soltos;
- Em 5 troços entre pórticos o tubo tinha a armadura de revestimento exterior á vista e em 1.4 m e 13.6 m, com inoperacionalidade de alguns pórticos passaram a estar compreendidos entre 2.2 m e 25.6 m;
- A maioria destas anomalias ocorre nos pórticos 1 a 25, ou seja, onde se dá, com maior frequência, a rebentação das ondas incidentes;
- Desconhece-se o grau de corrosão das peças metálicas dos pórticos e abraçadeiras e do estado do revestimento interior do tubo. Na inspeção realizada em 2017 verificou-se que havia pórticos que dispunham de ânodos e outros não.

Zona III (difusor)

Condicionamentos de funcionamento na zona III (3ºRelatório, parecer técnico e recomendações)

As inspeções realizadas ao difusor (zona III) revelaram que o tubo encontra-se, quase permanentemente, com as cotas do fundo natural muito próximas das cotas da geratriz superior do tubo.

Nestas circunstâncias, como os orifícios de descarga do difusor estão abaixo da geratriz superior do tubo, a probabilidade de haver entrada de areia para o exutor é grande, salvo se a velocidade de saída do esgoto tratado for suficientemente forte e permanente para impedir esta entrada.

Uma inspeção do interior do exutor permitiria avaliar se existe assoreamento e qual o seu grau e, portanto, verificar se esta situação constituiu, de facto, um condicionamento ao seu funcionamento hidráulico.

Na restante extensão do exutor (zona II), aparentemente, não existem problemas. No entanto, esta apreciação é realizada com base na informação disponível a qual não permite a avaliação de parte significativa do exutor quer exteriormente, em virtude de este se encontrar assoreado, quer interiormente, por não se dispor de nenhuma inspeção.

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

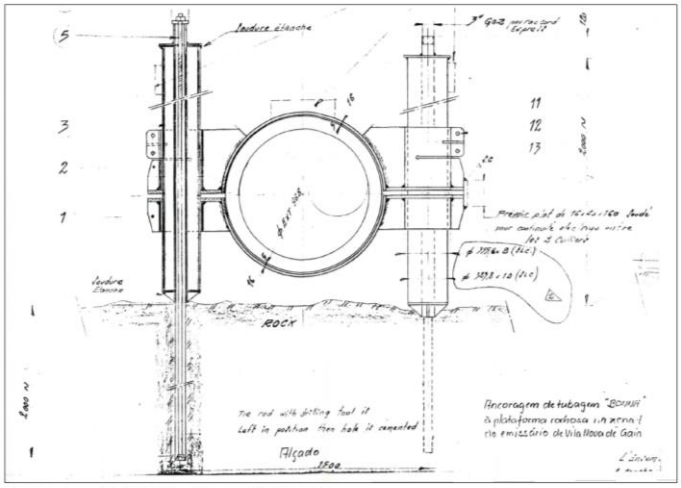
Solução construtiva (pousado, enterrado, braçadeiras protegidas com betão, protegido com quebra-mar submerso, peso de enrocamento de proteção)
Zona I (PK0 – PK780) • Sub-zona IA (PK0 – PK158) – tubagem colocada em vala preenchida com betão; • Sub-zona IB (PK158 – PK780) – tubagem ancorada ao fundo rochoso por pórticos metálicos com diferentes espaçamentos entre si. Os pórticos são constituídos por abraçadeiras metálicas, que envolvem o tubo, aparafusadas a estacas metálicas fixas no substrato rochoso por um varão de ancoragem colocado no seu interior e preenchidas por calda de cimento. Entre o PK200 e o PK270, o tubo foi coberto com box-culverts de betão armado, com 2,9 m de largura. Entre o PK270 e o PK780, a tubagem está ancorada ao fundo rochoso por 62 pórticos com espaçamento entre si entre 1,9 e 13,4 m. Alguns pórticos metálicos estão protegidos contra a corrosão com ânodos de sacrifício. Zona II (PK780 – PK2018) – tubagem estabilizada por anéis de betão, espaçados 5 m entre si. Zona III (PK2018 – PK2214) - difusor – tubagem estabilizada por dois tipos de anéis de betão. No lado Sul do exutor está implantado um esporão de estrutura de enrocamento, entre o PK70 e o PK270, com comprimento de aproximadamente 200 m.

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Secção transversal "tipo"

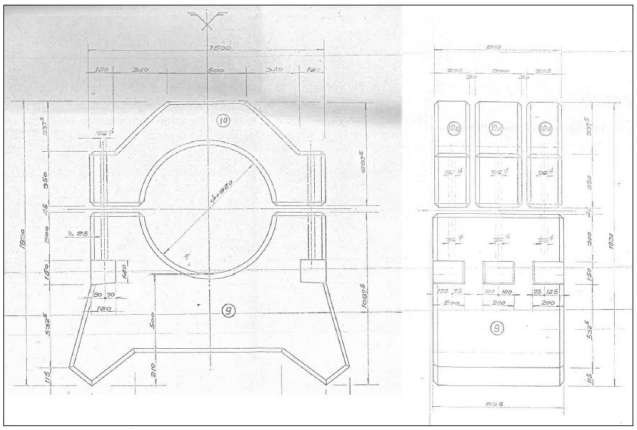
Zona I (PK0 – PK780)

- Sub-zona IA (PK0 – PK158)
- Sub-zona IB (PK158 – PK780)



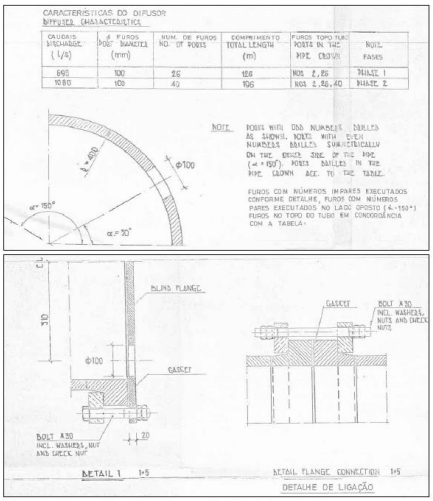
ZONA I – PORTICO DE ANCORAGEM
Sem Escala

Zona II (PK780 – PK2018)

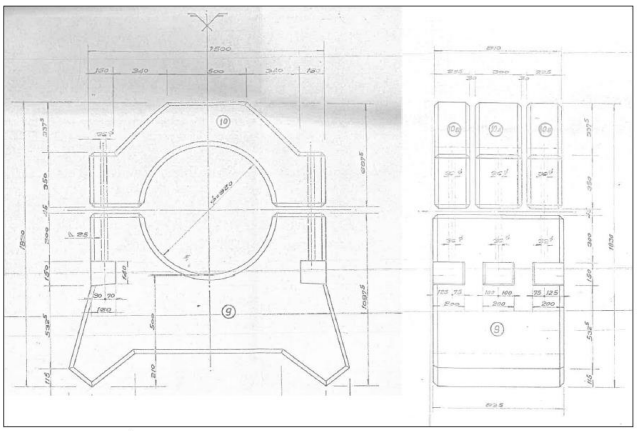


MACIÇO TIPO I/II– ALÇADOS
Sem Escala

Zona III (PK2018 – PK2214) – difusor



ZONA III – DIFUSOR – PORMENORES
Sem Escala

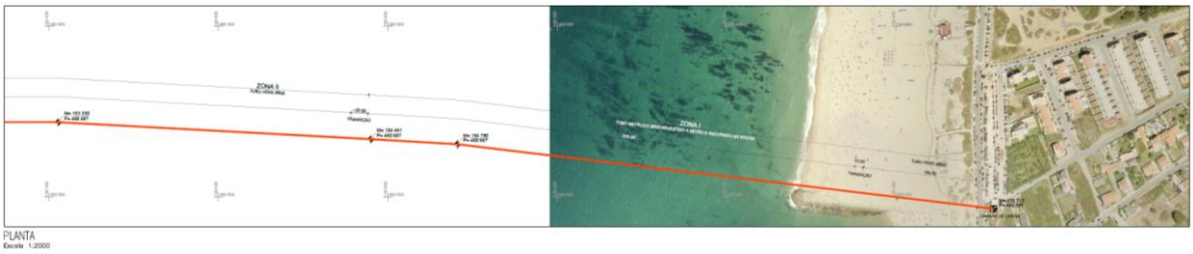


MACIÇO TIPO I/II– ALÇADOS
Sem Escala

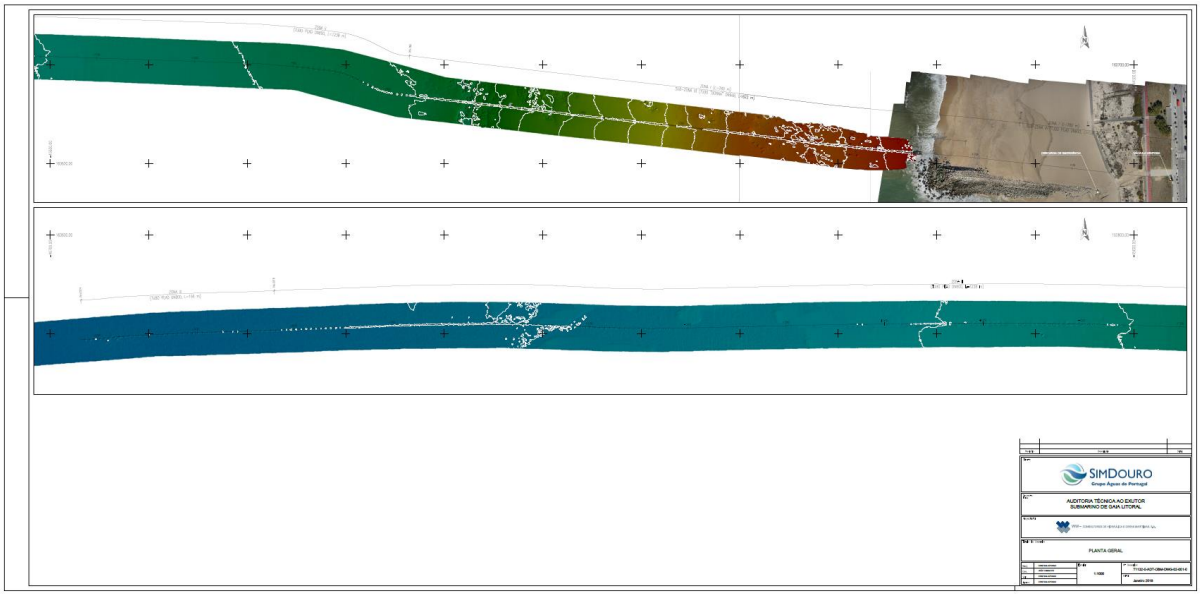
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Planta e perfil

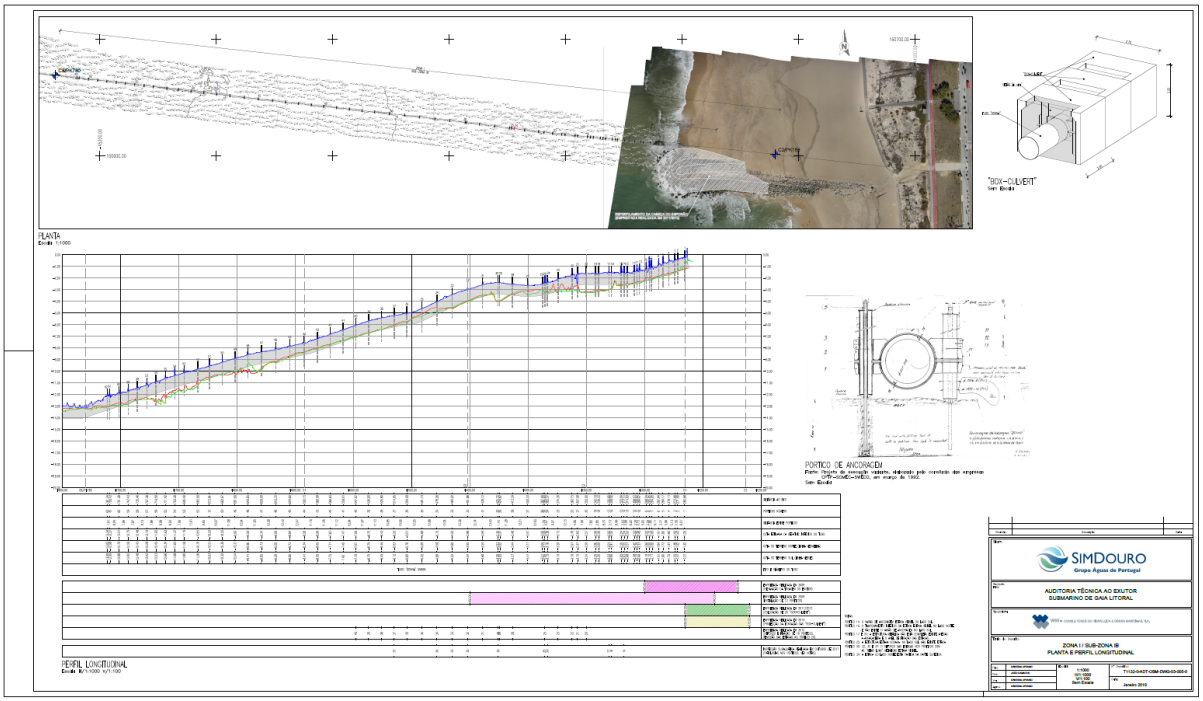
Geral



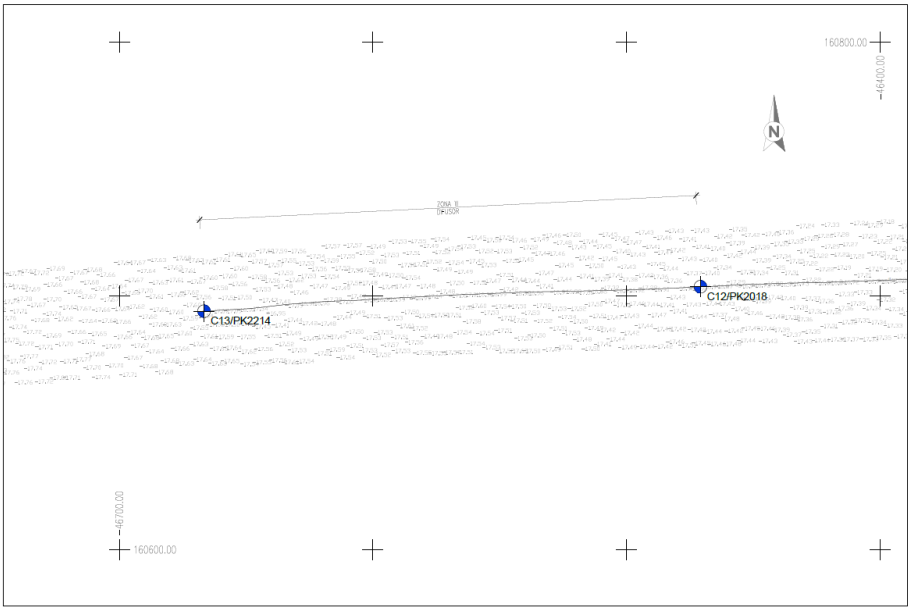




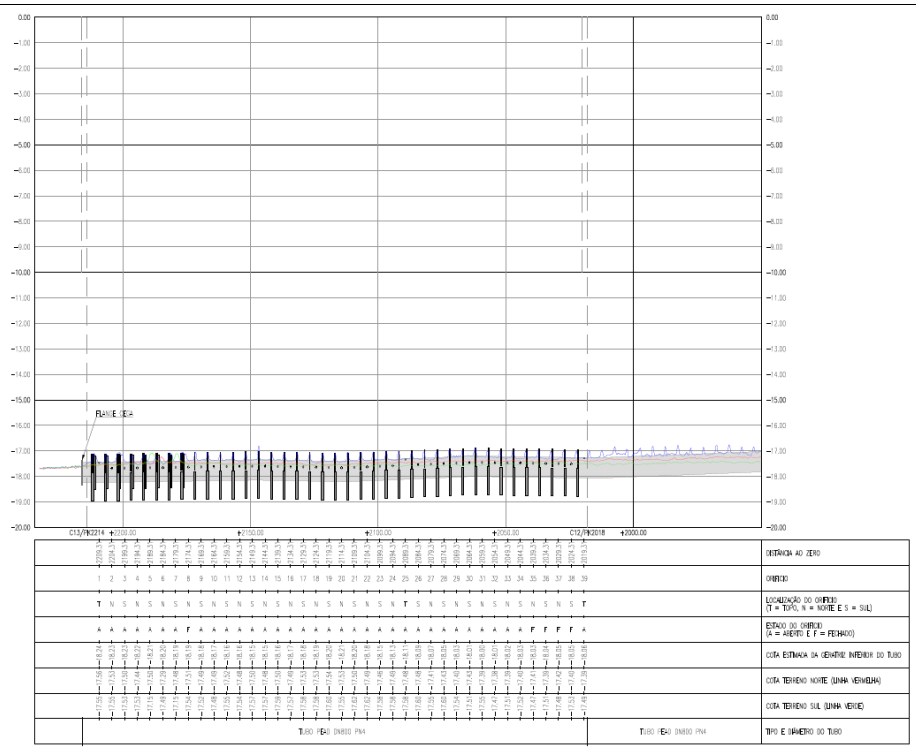
Sub-zona IB (PK158 – PK780)



Zona III (PK2018 – PK2214) – difusor



PLANTA



PERFIL LONGITUDINAL

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização das ligações (flanges, soldaduras, parafusos, etc.)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caudais (ponta e médio), **Volumes** (máximo, médio diário) e **Pressão** máxima instalada

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Tipo de tratamento dos efluentes a montante (domésticos, industriais)	
Caudal descarregado é submetido a um tratamento secundário.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Informações sobre eventuais ocorrências de impactes ambientais nas praias	
(---)	
Dados indisponíveis.	
Dados a enviar	

Sinalização do emissário no mar. (Tipo, caraterísticas)	
(---)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Monitorização. (Tipo, caraterização, frequência, métodos utilizados)
Inspeções Subaquáticas (1º Relatório "Estudo dos Projetos inicial e de Reparação executados) Apresenta-se assim uma síntese do estado da estrutura observada durante as inspeções subaquáticas realizadas entre 2015 e 2017, pela empresa Hidrosube. Estas Inspeções consistem unicamente em imagens vídeo captadas por mergulhadores. As inspeções realizadas têm sido circunscritas à zona I, troço inicial com a tubagem ancorada ao fundo rochoso por pórticos metálicos, e à zona III, troço do difusor. As inspeções realizadas na zona I mostram o seguinte: • No extradorso da tubagem existem armaduras à vista e visualizam-se zonas da tubagem reparada com resina Epicol T; • Na zona de proteção do tubo com aduelas de betão verifica-se que entre o tubo, as aduelas e o fundo existem espaços vazios sem preenchimento de betão; • Nos pórticos da ancoragem existem estacas partidas e alguns destroços metálicos soltos debaixo do tubo resultantes de eventuais reparações. • As proteções catódicas visíveis não apresentam redução de massa significativa. Desconhece-se o número de proteções catódicas existentes, a sua localização e a data de aplicação e/ou substituição. As inspeções realizadas na zona III, do difusor mostram o seguinte: • Em 12 de dezembro de 2015 a flange cega encontra-se assoreada até ao nível superior do tubo e observa-se a falta de dois pernos de ligação na flange. Junto da flange cega, os fundos estão ao nível dos orifícios de difusão do efluente e as proteções catódicas dos pernos de ligação do anel de betão não apresentam redução de massa significativa. Desconhece-se a data de aplicação e/ou substituição das proteções catódicas; • Em 16 de maio de 2016 a flange cega estava totalmente visível, na sequência de uma intervenção que tinha ocorrido no dia 5 do mês de maio. Não existe informação sobre este tipo de intervenção que foi executada na flange cega. As proteções catódicas dos pernos de ligação do anel de betão, localizado junto da flange cega não apresentam redução de massa significativa. • Em 1 de junho de 2016, a situação ao nível do assoreamento e estado das proteções catódicas é semelhante à verificada na inspeção de maio de 2016; • Em 15 de novembro de 2016, a flange cega encontra-se assoreada até meio da secção da flange e as proteções catódicas não apresentam redução de massa significativa, situação idêntica à verificada na inspeção de maio de 2016;

• O vídeo realizado em 30 de agosto de 2017, tem uma má qualidade de imagem. Aparentemente as imagens do vídeo mostram que a flange cega foi removida e a flange de ligação apresenta corrosão significativa. Não existe informação sobre que tipo de intervenção que foi executada nesta inspeção.

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Custos de construção e de manutenção anual
(----)

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Difusor. (Material, comprimento, diâmetro, profundidade máxima no difusor, diâmetro dos orifícios, espaçamento entre orifícios, ângulos com que os orifícios difusores orientam a descarga, altura dos orifícios, peso por metro linear
O difusor com 196 m a cotas atuais do fundo de -17.5 m(ZH) e orientação próxima de E-W. Este troço é igualmente composto por tubagem de PEAD, com 800 mm de diâmetro, estabilizado por dois tipos de anéis de betão. Para a saída do efluente o difusor dispõe de 369 orifícios com 100 mm de diâmetro, espaçados cerca de 5 m entre si. Os orifícios estão, em geral, dispostos em quincôncio, no lado norte e no lado sul do tubo, nos orifícios n.^{os}1, 25 e 39 estão localizados na geratriz superior, com o início da contagem a partir da extremidade a poente do exutor. Dos 39 orifícios do difusor, 34 encontram-se abertos e 5 estão fechados (orifício nº.8 com um tampão de PEAD, e os orifícios n.^{os}35 a 38com chapas metálicas).

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Estabilizadores. (Material, forma de secção, dimensões de secção, espessura, altura, peso emerso, peso submerso, afastamento, sobrecarga equivalente uniformemente distribuída ao longo da tubagem. Percentagem de armadura. Recobrimento da armadura)	
(----)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Intervenções realizadas

Empreitada realizada em 2009. (1º Relatório "Estudo dos Projetos inicial e de Reparação executados)

A execução desta empreitada teve por objetivo a reparação e a consolidação das ancoragens do tubo "bonna", na zona de rebentação, entre o PK220 e o PK450, e o recondicionamento do esporão de enrocamento situado imediatamente a Sul do exutor submarino.

Na empreitada estava previsto a execução dos seguintes trabalhos:

- O fornecimento e aplicação de 12 ancoragens;
- A proteção da tubagem do exutor entre o PK220 e o PK300, com 20 m de extensão, considerando o envolvimento em betão e a aplicação da malhasol nas zonas onde existe desgaste da camada de betão e o aparecimento de sinais da corrosão do tubo;
- O recondicionamento da cabeça do esporão de proteção do exutor com enrocamento de 5 a 10 toneladas e a aplicação no coroamento do esporão de enrocamento de menores dimensões para preenchimento dos vazios do manto de proteção.

A reparação da tubagem do exutor entre o PK220 e o PK300 foi realizada com colchões "FlexiTex", preenchidos com betão.

As ancoragens do tubo "Bonna" têm características idênticas às aplicadas na empreitada de construção do exutor e consistem na cravação de estacas cilíndricas no bedrock, na instalação de abraçadeiras incluindo mangas de fixação e na betonagem de cavilhas perfurantes de ancoragens.

Do relatório Justificado da Evolução dos Trabalhos, de julho de 2009 percebe-se que até essa data:

- Tinham sido instalados 15 pórticos;
- Foi muito difícil fazer a furação e instalação das ancoragens, apesar de terem sido experimentados vários equipamentos, tendo-se conseguido somente instalar, até essa data, 24 das 30 necessárias;
- Dessas ancoragens só 11 atingiram a profundidade na rocha de 2 m, estando as restantes com cumprimento de perfuração entre 0,5 e 1,8 m.

Os documentos disponíveis não permitem concluir se até ao final da empreitada foram completados os trabalhos em falta e corrigidos os deficientemente executados.

Com base no documento –" Reabilitação do exutor de Gaia Litoral." Programa base, elaborado pelo instituto de hidráulica e Recursos Hídricos, datado de setembro de 2011, a proteção que foi realizada com colchões FlexiTex "apenas se concretizou de forma eficaz num troço de 5 m, localizado na parte mais próxima de terra", dadas as dificuldades em trabalhar na zona de rebentação das ondas.

Empreitada realizada em 2011/2012 (1º Relatório "Estudo dos Projetos inicial e de Reparação executados)

Em 2012 foi adjudicada à empresa MOTA-ENGIL a empreitada de "Reabilitação do Exutor da ETAR de Gaia Litoral", tendo como projeto o estabelecimento no programa base elaborado pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH/FEUP), datado de setembro de 2011.

No Programa Base elaborado pelo IHRH estava prevista a execução dos seguintes trabalhos:

- Reabilitação do tubo "Bonna" com armaduras à vista, numa extensão de aproximadamente 60 m, entre o PK200 e o PK270, com o envolvimento da tubagem com colchões "FlexiTex" preenchidos com betão e a colocação de "box-culverts" de betão armado, protegendo a tubagem, assentes sobre colchões de juta igualmente preenchidos com betão;
- Construção de uma nova cabeça de esporão, com diretriz curvilínea, orientada para sul, com manto de proteção de enrocamento de 9 a 12 toneladas e talude com inclinação a 3(H):2(V). O manto de proteção do talude é assente num prisma de enrocamento de pé do talude com uma berma de 4 m de largura constituída por enrocamento de 4 a 6 toneladas. O objetivo principal da diretriz curvilínea e do aumento do peso do enrocamento prende-se com a intenção de reduzir a possibilidade de os blocos de enrocamento atingirem o tubo do exutor.

Em março de 2012 o empreiteiro MOTA-ENGIL apresentou uma proposta variante para a reabilitação do exutor.

A proteção prevista no programa base, com colchões "FlexiTex" preenchidos com betão e com a colocação dos "box-culverts" cobrindo a tubagem, foi substituída, na proposta variante, pela colocação de aduelas preenchidas com betão no espaço existente entre o tubo, a aduela e o fundo.

Empreitada Realizada em 2014 (1º Relatório "Estudo dos Projetos inicial e de Reparação executados)

Após o inverno 2013/2014, com temporais muito energéticos, foi realizado uma inspeção submarina do estado do exutor submarino entre o PK240 e o PK450. Nesta inspeção foram identificadas fragilidades ao nível de diversas ancoragens e observam-se infraescavações na zona das "box-culverts".

Em consequência, em 2014 foi adjudicada o consórcio de empresas INERSEL/HIDROSUBE a empreitada de "Recalcamento das Aduelas de Proteção ao exutor Submarino de Gaia Litoral". Esta empreitada foi realizada tendo por base as recomendações constantes da Nota Técnica do IHRH, datada de 17 de junho de 2014.

Na Nota Técnica elaborada pelo IHRH recomenda-se a intervenção urgente de proteção do troço onde aduelas estavam "descalças", através da proteção da fundação com "big bags" preenchidos com betão e o enchimento com betão entre as "box-culverts" e o tubo do exutor.

No relatório de fiscalização, de junho de 2014, a descrição dos trabalhos de proteção da fundação das aduelas é a seguinte:

- Remoção dos blocos de enrocamento e limpeza do material sobre e na zona envolvente das aduelas. Estes blocos de enrocamento foram aplicados no reperfilamento do esporão;
- Enchimento com betão a área entre as aduelas, o tubo e o fundo. Antes da betonagem foram colocados sacos ("big bags" e juta) preenchidos com betão numa extensão de 50 m.

Empreitada Realizada em 2015 (1º Relatório "Estudo do Projeto inicial e de Reparação executado)

Em 2015 foi adjudicado ao consórcio de empresas INERSEL/HIDROSUBE a empreitada de "Reforço dos Pórticos Ancorados do Exutor Submarino de Gaia Litoral", com base no projeto elaborado pela SIMDOURO, datado de julho de 2014.

No projeto elaborado pela SIMDOURO estão considerados os trabalhos de reforço e fixação de 18 pórticos ancorados (P2, P4 A P15, P18 e P20 a P23) e eventualmente de mais 2 pórticos (P1 e P6) e a desmontagem e remoção das estacas de 2 pórticos (P17 e P24).

Os trabalhos de reforço e fixação dos pórticos preveem a colocação de extensões das estacas até ao firme rochoso, realizadas com a colocação sob as estacas de "meias-luas" metálicas e o seu preenchimento com calda de cimento.

Durante a execução da empreitada a zona de intervenção estava assoreada e não foram reforçados todos os pórticos previstos. O consórcio empreiteiro INERSEL/HIDROSUBE interveio em 18 pórticos (P20 A P23, P25 e P28 a P40) e desmontou e removeu as peças do pórtico 24. Não existe informação se nesta intervenção foram colocados esticadores fixos nos varões das ancoragens partidos.

Inspeção Realizada em 2017 na Sub-Zona IB observou-se o seguinte: (3ºRelatório, parecer técnico e recomendações)

- A maioria dos pórticos tinham as estacas de ancoragem enterradas na areia e não era visível a respetiva fundação ao substrato rochoso. A distância entre a geratriz inferior do tubo e o fundo natural era a seguinte:
    - Entre os pórticos P1 e P10 a geratriz inferior do tubo estava em média 0.2 m acima do fundo natural;
    - Entre os pórticos P10 e P14 a geratriz inferior do tubo estava em média 0.1 m acima do fundo natural e na zona adjacente ao pórtico P11 eram visíveis afloramentos rochosos;
    - A partir o pórtico P16 a distância ao fundo diminuía e no pórtico P27 a geratriz inferior do tubo assentava no fundo natural;
    - Entre os pórticos P28 e P30 a distância entre a geratriz inferior do tubo e o fundo natural estava em média 0.5 m acima do fundo natural;
    - Entre os pórticos P30 e P52 a distância entre a geratriz inferior do tubo e o fundo natural estava em média 0.1 m acima do terreno.

- Nos pórticos metálicos a situação era diferente:
    - No pórtico P3 existem destroços metálicos soltos debaixo do tubo, resultantes das eventuais reparações;
    - No pórtico P14 o varão de ancoragem da cavilha auto perfurante estava visível do lado sul, com um comprimento de 0.2 m ;
    - No pórtico P16 o tamponamento inferior da estaca estava visível do lado norte e não existe varão de ancoragem do lado sul;
    - Nos pórticos P17 e P24 a estrutura metálica não está completa. Existe apenas a abraçadeira e o anel de fixação das estacas. A estrutura abraçadeira/estaca estava rodada aproximadamente 90º
    - A estrutura do pórtico P25 estava rodada. No lado sul deste pórtico não existe estaca e o varão de ancoragem não era visível. No lado norte a estaca rodou e estava fixa a abraçadeira do tubo;
    - Nos pórticos P30, P32 P33 e P37 estava visível o reforço das estacas dos pórticos com as "meias-luas" metálicas e o seu preenchimento com calda de cimento;
    - No pórtico P34 a estaca do lado norte está partida na parte superior, junto á abraçadeira de fixação do tubo;
    - As proteções catódicas visíveis não apresentam redução de massa significativa. No entanto, cerca de metade dos pórticos inspecionados não apresentam proteção catódica.

- Na inspeção realizada ao difusor, Zona III, observou-se o seguinte:

○ A flange cega na extremidade do difusor encontra-se assoreada até à cota da geratriz superior do tubo, estando igualmente assoreada a abertura do orifício existente nessa flange; ○ Na parte visível da flange cega regista-se a existência de uma fuga de efluente e a ausência de um conjunto parafuso/porca de ligação na flange; ○ O assoreamento ao longo do tubo que constitui o difusor verifica-se em toda a extensão ao nível das cotas dos orifícios, sendo sempre superior do lado norte; ○ Foram identificados cinco orifícios fechados. O orifício fechado com tampão de PEAD situa-se cerca de 40 m da flange cega (orifício n.º8) e os restantes quatro orifícios estão fechados com uma chapa metálica, localizados a cerca de 175, 180, 185 e 190 m da extremidade do difusor (orifícios n.os 35 ao 38). Nos orifícios fechados com as chapas metálicas verifica-se fuga do efluente; ○ As proteções catódicas instaladas nos pernos de ligação não foram visíveis na totalidade, devido ao elevado nível de incrustações e algas que tapavam a superfície do anel. No entanto, foram visíveis ligações metálicas dos anéis sem proteção catódica e outras ligações sem redução significativa de massa de ânodo.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

<u>Outros elementos</u>

Descarga de emergência (3ºRelatório, parecer técnico e recomendações)

A descarga de emergência do exutor está localizada na praia, junto do enraizamento do esporão, á distancia de aproximadamente 70 m da válvula ventosa e a sul da tubagem á distancia de aproximadamente 20 m.

Recomendações (3ºRelatório, parecer técnico e recomendações)

Em face do estado do exutor, apontando sinteticamente no "Estado atual da estrutura", e das condições naturais do local onde se desenvolve, considera-se que o reforço da estrutura do exutor na Sub-zona IB é indispensável, e que a alteração das saídas do difusor é recomendável dado o risco de assoreamento a que está sujeito.

Desconhece-se o montante até agora despendido na manutenção e reforço da estrutura do exutor na sub-zona IB e se esse valor é enquadrável nos custos normais de manutenção de estruturas deste tipo. É de esperar que os custos de manutenção e reparação venham a aumentar com o envelhecimento progressivo da estrutura.

Atendendo a dificuldade em realizar trabalhos nesta zona e em controlar a qualidade da sua execução, qualquer trabalho que se pretenda executar para o reforço do exutor deverá prever a execução a construção, durante a execução dos trabalhos, de um esporão provisório do lado norte do exutor, o prolongamento do existente e o fecho do espaço entre eles junto as respetivas cabeças, de forma a criar as condições de tranquilidade necessárias e a evitar a entrada permanente de areia na zonados trabalhos. O comprimento destes esporões deverá no mínimo ter cerca de 180 m a partir da zona protegida pelas box-culverts.

Esta solução deveria ser confrontada com a solução alternativa que consiste na instalação de um tudo em PEAD, semelhante ao adotado nas outras zonas, instalado num túnel aberto por perfuração dirigida a partir de terra, até à profundidade -13,0 m (ZH) onde ligaria o tubo PEAD existente fundado sobre o fundo natural e estabilizado com anéis de betão.

Esta solução está muito menos sujeita à ação dos agentes naturais e proporciona, por isso, um comportamento estrutural com maiores garantias e longevidade. Para além disso, com esta solução o esporão existente deixa de ser necessário à estabilidade do exutor.

Como se referiu, na zona III, as diferentes inspeções subaquáticas realizadas revelam que a cota do terreno natural em praticamente toda a extensão do difusor encontra-se ao nível das cotas dos orifícios.

Desconhece-se se tem havido condicionamentos ao funcionamento hidráulico do exutor pela entrada de areia no tubo através dos orifícios de descarga. Para evitar a possibilidade de entrada de sedimentos no tubo, recomenda-se a instalação de cachimbos ou de válvulas "bico de pato", e a colocação de blocos de betão ao longo e lateralmente à tubagem, com o objetivo de proteger os cachimbos/válvulas do difusor e a tubagem das redes e dos artefactos de pesca.

Em todas as zonas deverão ser instaladas proteções catódicas em todas as peças metálicas.

ANEXO II

TÍTULO DA TESE: EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA PORTUGUESA. QUE FUTURO?

EMISSÁRIO SUBMARINO DE MATOSINHOS

Estudante: Pedro Tomé Magalhães Alves

Orientador e Coorientador: Prof. Fernando Francisco Machado Veloso Gomes e Prof. José Carlos Tentúgal Valente

Datas. Início e fim da construção, Início de exploração	
Início de construção – 1996 Fim de construção - 1998 Início de exploração - 1999	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização física	
Diâmetro exterior	DN 1600 (túnel) / DN 1200 (apoiado) / DN 800 (apoiado) / DN 450 (apoiado)
Difusor	Através de ramais de descarga verticais
Tipo de fundação	Apoiado no fundo marinho
Espessura da parede	Não disponível
Peso por metro linear	Não disponível
Material	Betão Armado (DN 1600) / Polietileno de Alta Densidade (restantes diâmetros)
Comprimento	2750 m
Profundidade máxima	30 m

Estado atual do emissário. Principais anomalias inventariadas	
O emissário encontra-se em funcionamento pleno, registando-se apenas a existência de alguns ramais de descarga obstruídos, na zona de extremidade do difusor.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Solução construtiva (pousado, enterrado, braçadeiras protegidas com betão, protegido com quebra-mar submerso, peso de enrocamento de proteção)	
Os primeiros 550 m do emissário foram instalados por perfuração no maciço rochoso por meio de uma micro-tuneladora, constituindo um túnel de seção circular em betão armado, protegido interiormente com pintura epóxi. A restante extensão foi executada em tubo de polietileno de alta densidade, mediante afundamento controlado com recurso a anéis de lastro em betão armado, tendo sido apoiada no fundo marinho, numa vala dragada com perfil trapezoidal, com 3 m de profundidade e 5 m na base. Após afundamento e ligação submarina dos troços, foi efetuada uma amarração complementar, mediante a colocação de blocos estabilizadores, entre os anéis de lastro.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Secção transversal "tipo"	
A solução transversal tipo é circular.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Planta e perfil	
As telas finais do emissário não estão disponíveis.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização das ligações (flanges, soldaduras, parafusos, etc.)	
A ligação entre troços de polietileno, após afundamento, com comprimento típico de 130 m, foi efetuada com recurso a uniões flangeadas. A construção dos troços de polietileno em estaleiro foi efetuada com recurso a soldadura topo-a-topo.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caudais (ponta e médio), **Volumes** (máximo, médio diário) e **Pressão** máxima instalada	
Caudal de ponta horário = 6.200 m3/h Volume médio diário = 82.300 m3/dia	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Tipo de tratamento dos efluentes a montante (domésticos, industriais)	
O emissário destina-se a descarregar águas residuais domésticas tratadas, atualmente com um nível de tratamento secundário. Entre 1999 e 2017 foi descarregado efluente tratado com nível primário.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Informações sobre eventuais ocorrências de impactes ambientais nas praias	
Não são conhecidos quaisquer impactos desta infraestrutura sobre as praias ou sobre a dinâmica costeira. Periodicamente é efetuado o controlo de qualidade da água do mar, nas imediações da zona do difusor, não se assinalando qualquer alteração.	
Dados indisponíveis.	
Dados a enviar	

Sinalização do emissário no mar. (Tipo, caraterísticas)	
O troço difusor encontra-se sinalizado pela boia M1, assinalada na carta náutica oficial.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Monitorização. (Tipo, caraterização, frequência, métodos utilizados)	
Anualmente é efetuada a inspeção ao emissário, com recurso a mergulhadores profissionais, sendo efetuado registo em filme digital e produzido relatório detalhado de avaliação.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Custos de construção e de manutenção anual	
Informação não disponível.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Difusor. (Material, comprimento, diâmetro, profundidade máxima no difusor, diâmetro dos orifícios, espaçamento entre orifícios, ângulos com que os orifícios difusores orientam a descarga, altura dos orifícios, peso por metro linear)	
O difusor é em tubo de polietileno de alta densidade e tem 320 m de comprimento, com diâmetros a variar entre 1200 mm e 450 mm. Os ramais de descarga têm 100 mm de diâmetro, comprimento de 1 metro e um espaçamento médio de 4 m, com orientação de descarga vertical. DN 1200 – 160 m DN 800 – 80 m DN 450 – 80 m	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Estabilizadores. (Material, forma de secção, dimensões de secção, espessura, altura, peso emerso, peso submerso, afastamento, sobrecarga equivalente uniformemente distribuída ao longo da tubagem. Percentagem de armadura. Recobrimento da armadura)	
Os estabilizadores (anéis de lastro e blocos estabilizadores) são em betão armado, não existindo mais informação disponível sobre os mesmos.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Intervenções realizadas	
Não foi efetuada qualquer intervenção sobre esta infraestrutura.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Outros elementos

ANEXO III

TÍTULO DA TESE: EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA PORTUGUESA. QUE FUTURO?

EMISSÁRIO SUBMARINO DE SÃO JACINTO

Estudante: Pedro Tomé Magalhães Alves

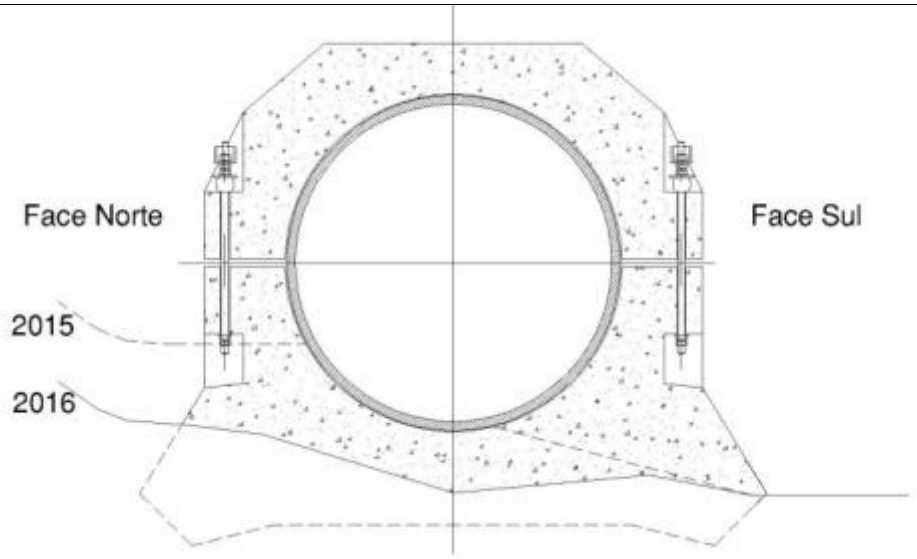
Orientador e Coorientador: Prof. Fernando Francisco Machado Veloso Gomes e Prof. José Carlos Tentúgal Valente

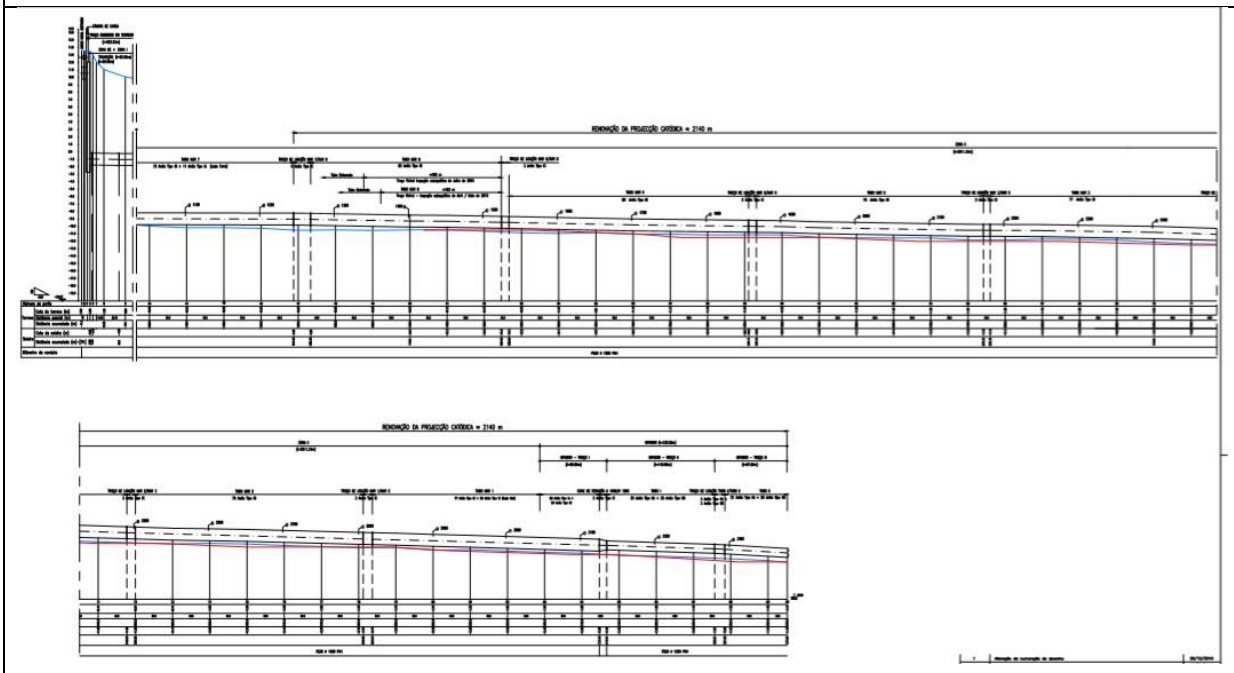
Datas. Início e fim da construção, Início de exploração	
Inicio de construção - 14 de abril de 1997 Fim de construção - 11 março de 1999 Inicio de exploração -	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização física	
Diâmetro exterior	1600 mm
Difusor	Difusor: este troço, na extremidade do emissário, desenvolve-se entre as cotas -13,7 m (ZH) e -15,0 m(ZH) e tem aproximadamente 333 m de comprimento. A tubagem encontra-se igualmente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão.
Tipo de fundação	
Espessura da parede	
Peso por metro linear	
Material	PEAD
Comprimento	3378 m
Profundidade máxima	-15,0 m (ZH)

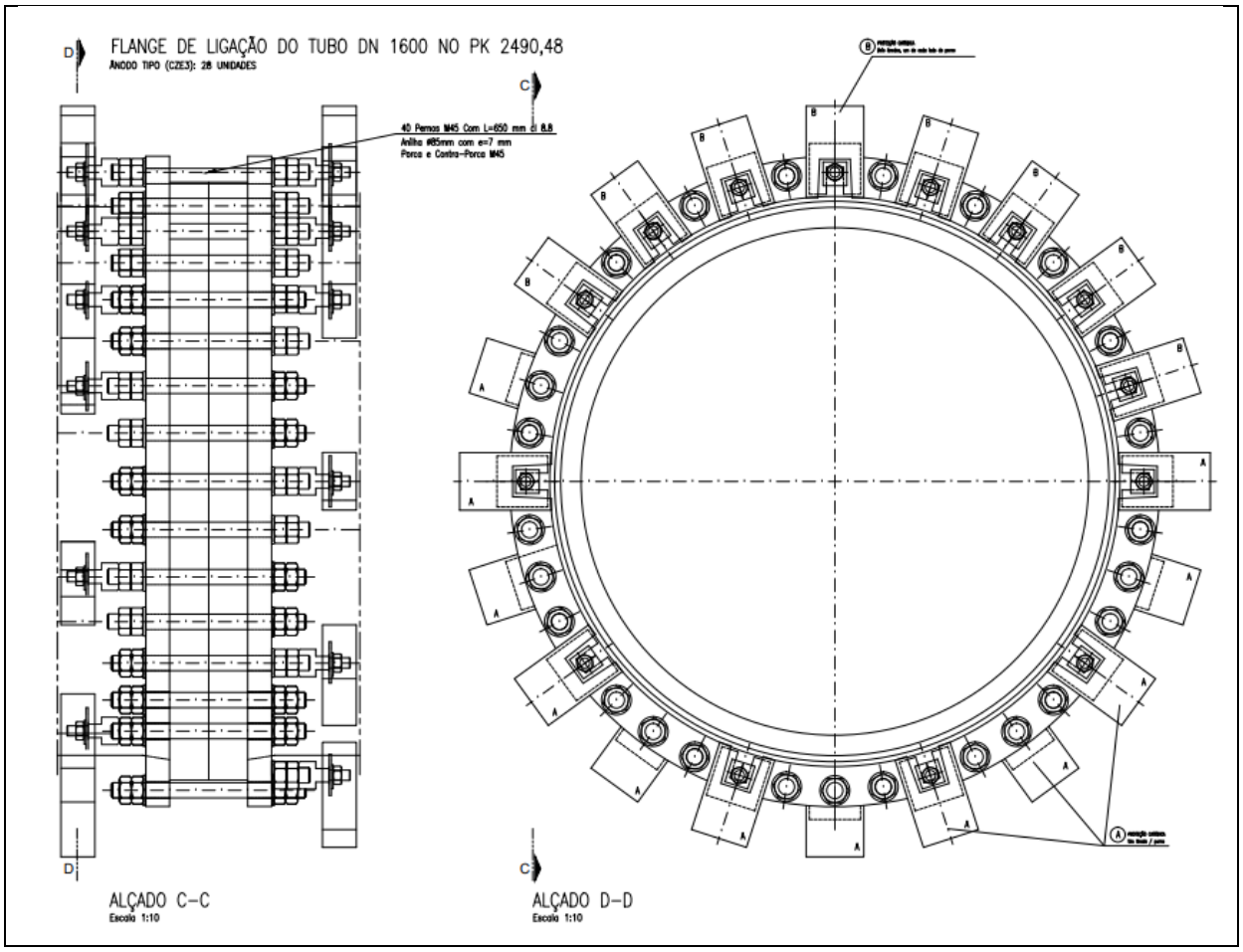
Estado atual do emissário. Principais anomalias inventariadas	
Em 2018 foram efetuas inspeções subaquáticas nas zonas I, II e no difusor, das quais resulta a seguinte analise: • As flanges cega e de união dos tubos apresentam-se de um modo geral em bom estado de conservação, com corrosão e oxidação reduzidas, no entanto, as ligações constituídas por pernos, porcas e anilhas manifestam corrosão elevada. • Os pernos de ligação dos anéis apresentam, de um modo geral, corrosão elevada. • As ligações das flanges não apresentam proteção catódica. • A maior parte das ligações dos anéis não apresenta proteção catódica e existem algumas ligações que apresentam ânodos de zinco com uma redução de massa elevada. • No difusor e na ligação do troço II ao III a inspeção revela que existem 3 orifícios contrariamente aos 2 apresentados nas peças desenhadas. • Os pernos de ligação do primeiro anel de betão, junto da flange cega, apresentam corrosão elevada. • Ausência de 1 perno de ligação no sexto anel de betão, no lado norte a contar da flange cega. • Ausência de 2 pernos de ligação em dois anéis distintos, no lado sul, no tubo de ligação MAR 6/MAR 8. • A flange MAR 6 / MAR 8 encontra-se parcialmente enterrada, o que dificulta avaliar o nível de desgaste das peças metálicas. • Os orifícios abertos encontram-se desobstruídos e sem incrustações. • Desassoreamento do emissário em dois troços no tubo MAR 3 e MAR 5, com os anéis parcialmente enterrados e passagem de água sob a soleira do tubo.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

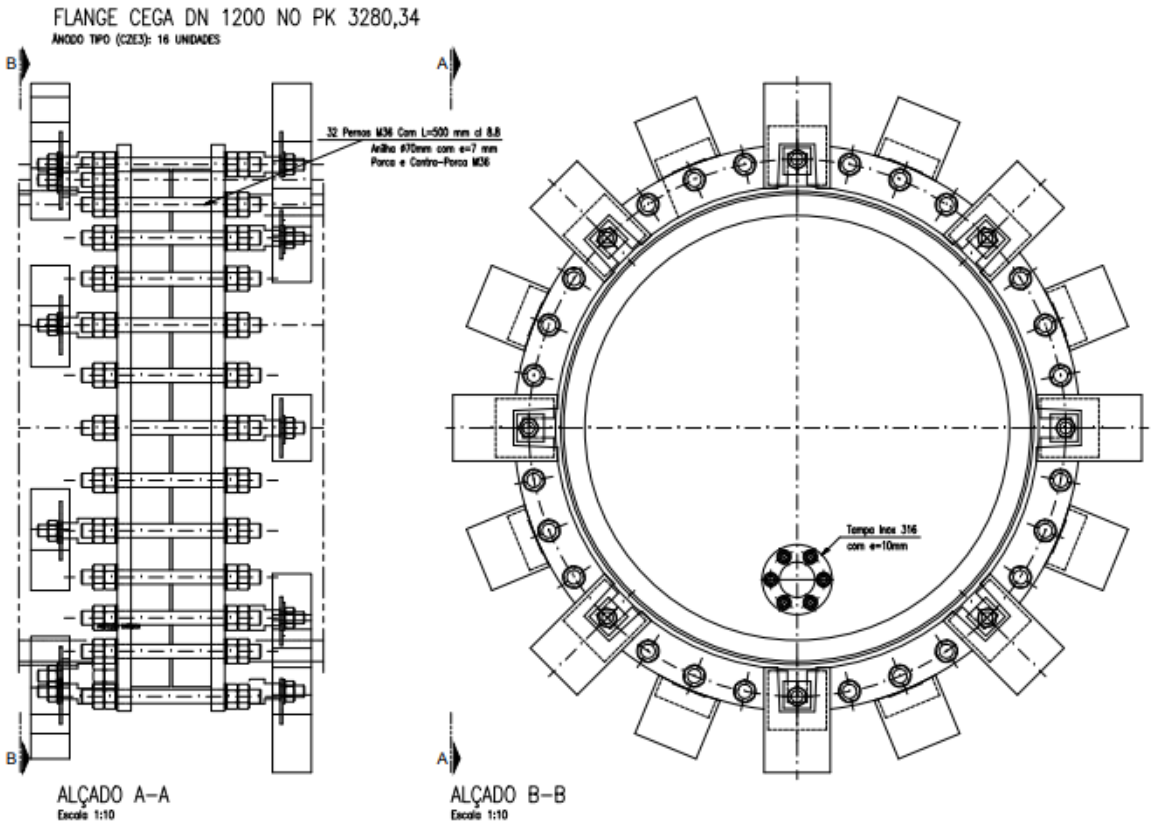
Solução construtiva (pousado, enterrado, braçadeiras protegidas com betão, protegido com quebra-mar submerso, peso de enrocamento de proteção)	
• Troço Inicial enterrado: entre a câmara de carga e a cota do terreno natural -8,5 m (ZH), com cerca de 922 m de comprimento. Neste troço foram empregues anéis de betão. • Troço de Transição parcialmente enterrado (transição entre os troços com a tubagem enterrada e apoiada no terreno natural): entre a cota do terreno natural -8,5 m (ZH) e -9,2 m (ZH), com cerca de 30 m de comprimento. Neste troço foram igualmente empregues anéis de betão. • Troço Apoiado (Zonas I e II): entre o terreno natural -9,2 m (ZH) e -13,7 m (ZH), com 2093 m de comprimento. Este troço é constituído pela junção de 7 tubos com comprimentos da ordem de 300 m unidos por tubos de ligação com flanges. A tubagem encontra-se diretamente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão. • Difusor: este troço, na extremidade do emissário, desenvolve-se entre as cotas -13,7 m (ZH) e -15,0 m (ZH) e tem aproximadamente 333 m de comprimento. A tubagem encontra-se igualmente apoiada no fundo e estabilizada com anéis de betão	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Secção transversal "tipo"	
	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Planta e perfil	
 Sem escala	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização das ligações (flanges, soldaduras, parafusos, etc.)


FLANGE DE LIGAÇÃO DO TUBO DN 1600 NO PK 2490,48
ANODO TIPO (CZE3): 28 UNIDADES
40 Pernos M45 Com L=650 mm cl 8.8
Anilha ø85mm com e=7 mm
Porca e Contra-Porca M45
ALÇADO C-C
Escala 1:10
ALÇADO D-D
Escala 1:10



Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caudais (ponta e médio), **Volumes** (máximo, médio diário) e **Pressão** máxima instalada

Caudais anuais rejeitados	S. Jacinto (m3)
2013	33 810 167
2014	39 075 249
2015	34 079 792
2016	40 246 411
2017	35 098 226
2018	39 433 315

Ano	Caudais Registados (m3/s)		Caudais Estimados (m3/s)	
	Qmédio	Qponta	Qmédio	Qponta
2010	0,996	1,593	--	--
2015	0,988	1,580	--	--
2018			1,201	1,921
2038			1,831	2,929

No difusor do emissário submarino de São Jacinto encontram-se atualmente 28 orifícios abertos com 175 mm de diâmetro, alternadamente orientados a Norte e a Sul. Dos orifícios abertos 9 estão localizados no troço II e 19 estão localizados no troço III.

O estudo do Desempenho Hidráulico do emissário prevê a abertura de mais 10 orifícios em 2019 e mais 6 orifícios em 2031, se forem confirmados os caudais de ponta de 1,9 m^3/s e 2,6 m^3/s, respetivamente.

A conclusão deste estudo relativamente ao desempenho hidráulico do emissário de São Jacinto é a seguinte:

"Para os caudais até agora verificados, a distribuição dos orifícios respeita os critérios de dimensionamento, encontrando-se, porém, no limiar de exploração. No caso de se concretizar a evolução de caudal estimada neste estudo, é provável que a curto prazo os critérios de dimensionamento deixem de verificar-se. Como tal, recomenda-se a abertura de 10 orifícios tamponados após 2019. Prevê-se que esse número de orifícios seja adequado até ao ano 2031. A partir dessa data, com base na atual evolução de caudais, será necessário executar pelo menos mais seis orifícios (num total de 44, no mínimo) ".

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Tipo de tratamento dos efluentes a montante (domésticos, industriais)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Informações sobre eventuais ocorrências de impactes ambientais nas praias	
Dados indisponíveis.	
Dados a enviar	

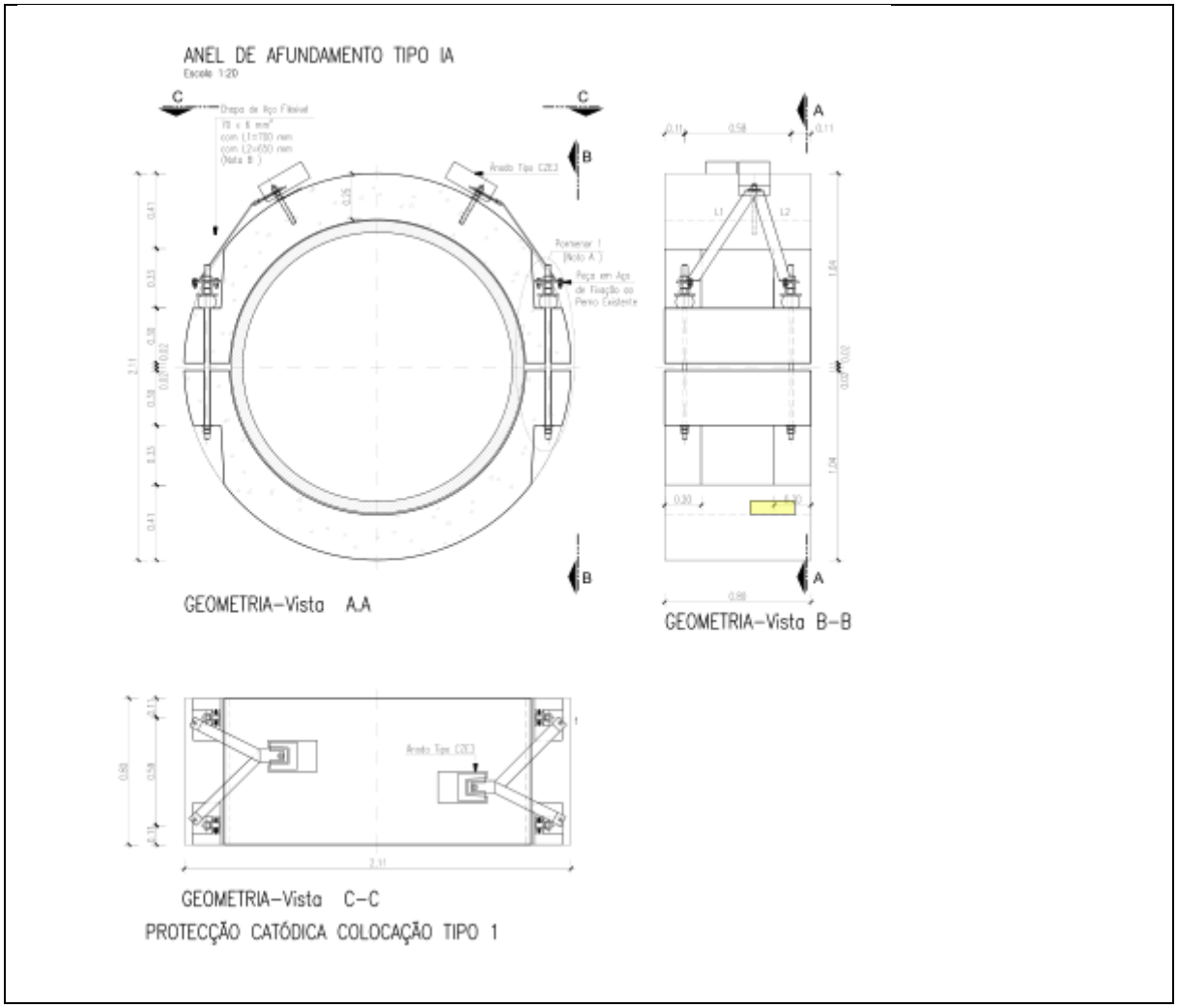
Sinalização do emissário no mar. (Tipo, caraterísticas)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

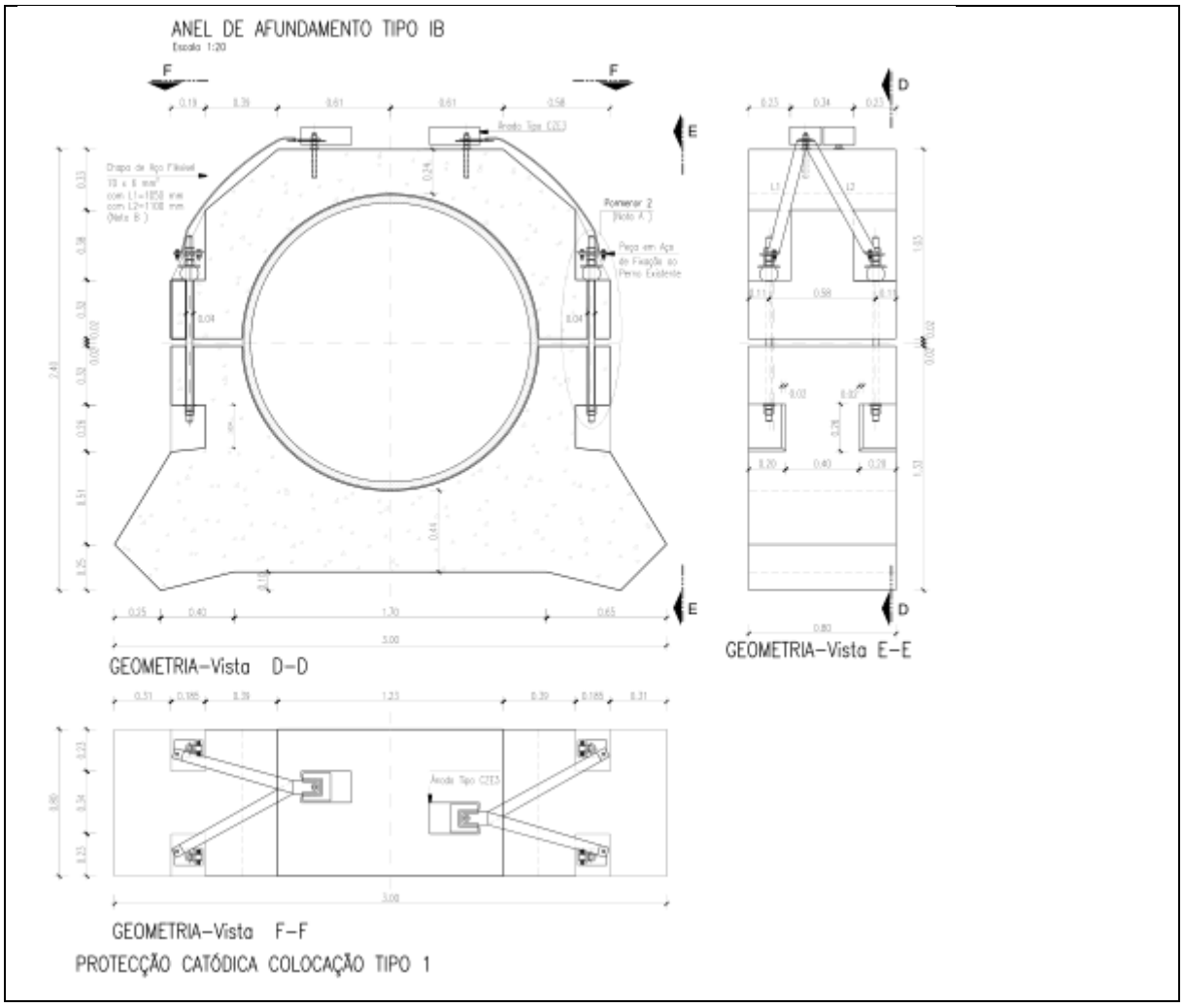
Monitorização. (Tipo, caraterização, frequência, métodos utilizados)	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

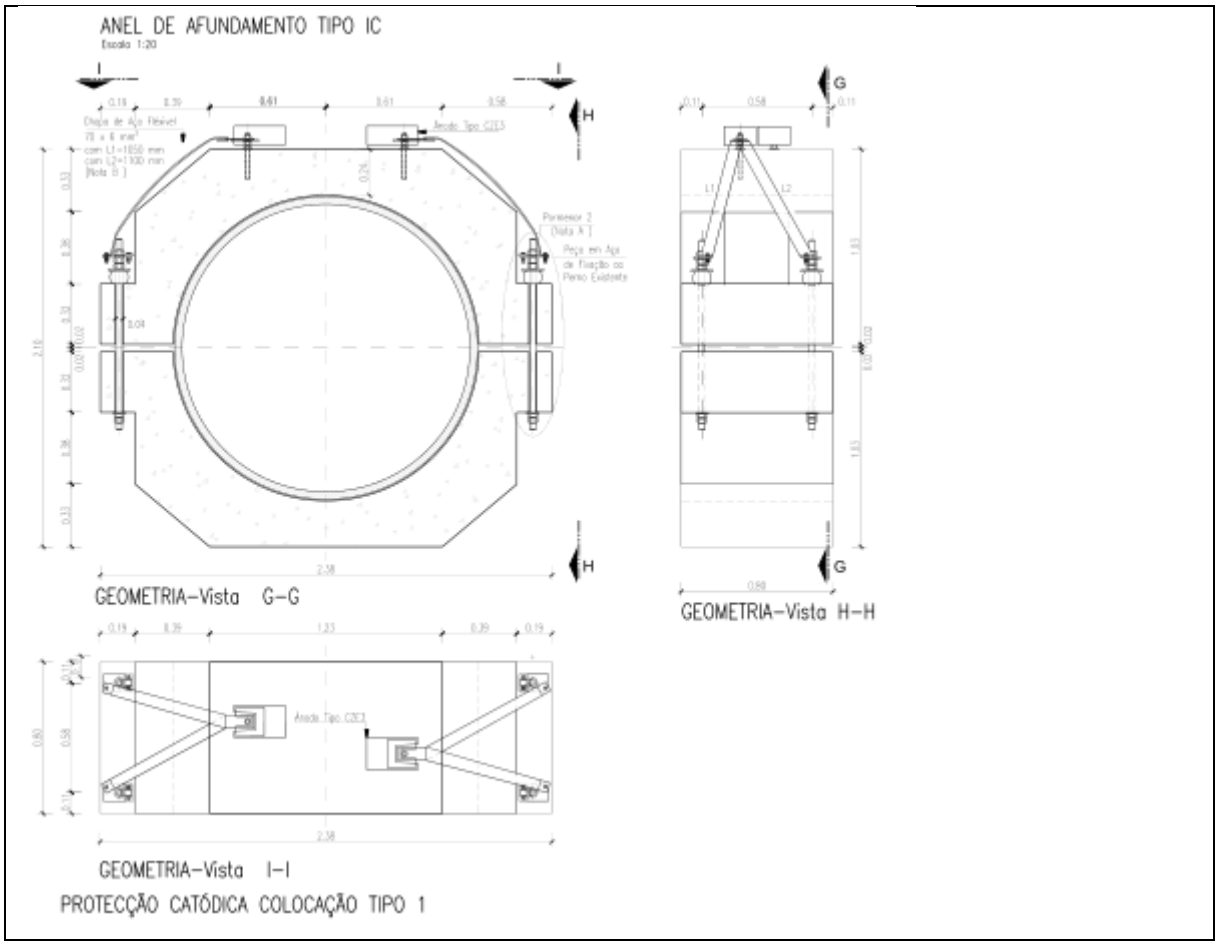
Custos de construção e de manutenção anual	
Custo de construção 7.9 M€(1997); 12.0 M€(2018) Inspeções: 4000 €/ano Boias: 1500 €/ano Grandes reparações (estrutura): 1245.000 €/20anos Grandes reparações (Camara de Carga): 300.000 €/15anos	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

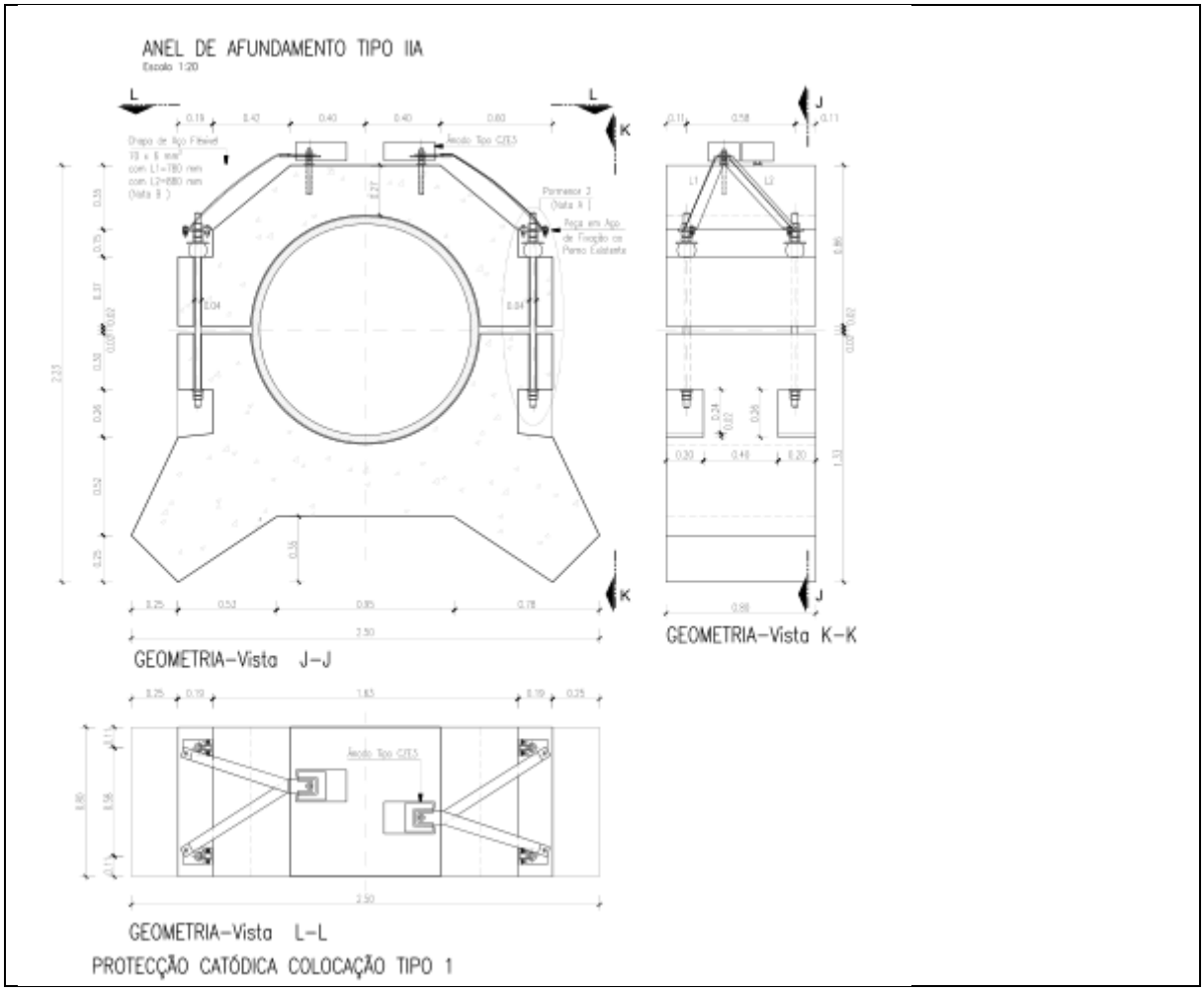
Difusor. (Material, comprimento, diâmetro, profundidade máxima no difusor, diâmetro dos orifícios, espaçamento entre orifícios, ângulos com que os orifícios difusores orientam a descarga, altura dos orifícios, peso por metro linear	
Na extremidade do emissário existe um difusor com um tubo, com diâmetros 1600 mm no Troço I e 1200 mm nos Troços II e III, com cerca de 90 m e 243 m, respetivamente. Nos Troços II e III do difusor existem 38 orifícios abertos e tamponados com 175 mm de diâmetro, alternadamente orientados a Norte e a Sul. Atualmente encontram-se 28 orifícios abertos, estando os restantes 10 orifícios tamponados, sendo a sequência dos orifícios abertos e fechados de jusante para montante a seguinte: 22 abertos, 1 fechado, 6 abertos e 9 fechados. No difusor do emissário submarino de São Jacinto encontram-se atualmente 28 orifícios abertos com 175 mm de diâmetro, alternadamente orientados a Norte e a Sul. Dos orifícios abertos 9 estão localizados no troço II e 19 estão localizados no troço III. O difusor dispõe de um cone de redução DN1600/DN1200, quatro uniões flangeadas (três com DN1200 e uma com DN1600) e uma flange cega DN1200. Para inspeção da extremidade interior do tubo, a flange cega dispõe de uma tampa em aço inox com 180 mm de diâmetro, afastada 0,34 m da geratriz inferior da flange.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

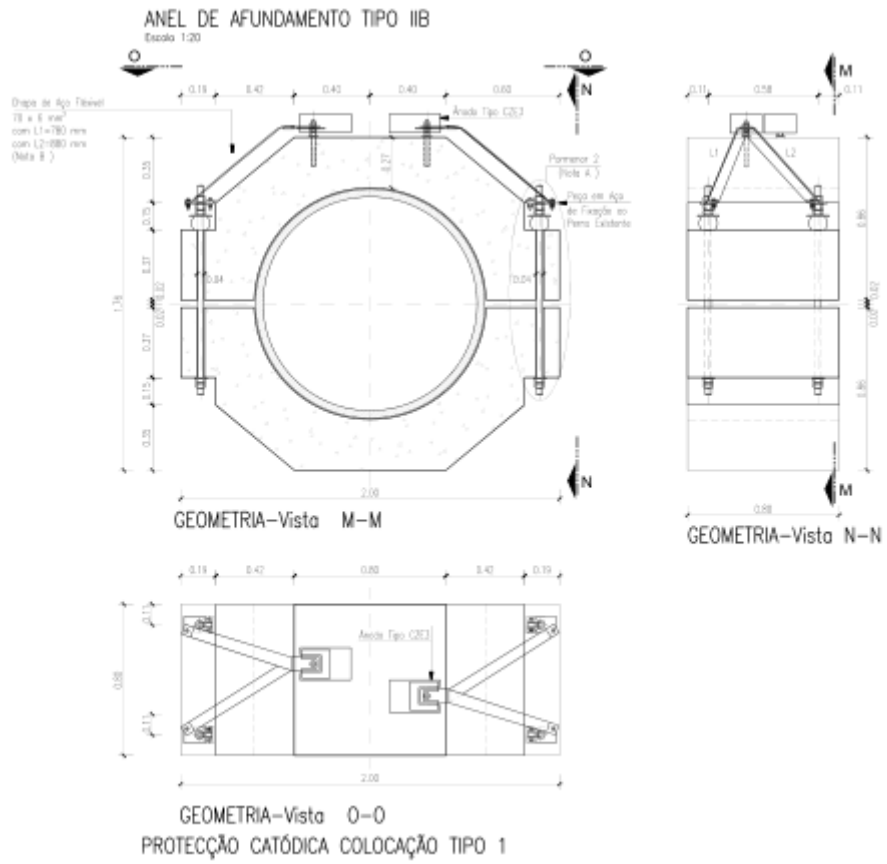
Estabilizadores. (Material, forma de secção, dimensões de secção, espessura, altura, peso emerso, peso submerso, afastamento, sobrecarga equivalente uniformemente distribuída ao longo da tubagem. Percentagem de armadura. Recobrimento da armadura)
Os estabilizadores são em forma de anel, compostos por betão armado.


ANEL DE AFUNDAMENTO TIPO IA
Escala 1:20
GEOMETRIA-Vista A.A
GEOMETRIA-Vista B-B
GEOMETRIA-Vista C-C
PROTECÇÃO CATÓDICA COLOCAÇÃO TIPO 1


ANEL DE AFUNDAMENTO TIPO IB
Escala 1:20
F
F
E
E
D
D
Ponteira 2
GEOMETRIA-Vista D-D
GEOMETRIA-Vista E-E
GEOMETRIA-Vista F-F
PROTECÇÃO CATÓDICA COLOCAÇÃO TIPO 1


ANEL DE AFUNDAMENTO TIPO IC
Escala 1:20
GEOMETRIA–Vista G–G
GEOMETRIA–Vista H–H
GEOMETRIA–Vista I–I
PROTECÇÃO CATÓDICA COLOCAÇÃO TIPO 1


ANEL DE AFUNDAMENTO TIPO IIA
Escala 1:20
L
L
K
K
J
J
Ânodo Tipo CZ1.5
GEOMETRIA-Vista J-J
GEOMETRIA-Vista K-K
GEOMETRIA-Vista L-L
PROTECÇÃO CATÓDICA COLOCAÇÃO TIPO 1



Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Estabilizadores. (Material, forma de secção, dimensões de secção, espessura, altura, peso emerso, peso submerso, afastamento, sobrecarga equivalente uniformemente distribuída ao longo da tubagem. Percentagem de armadura. Recobrimento da armadura)
Os estabilizadores (anéis de lastro e blocos estabilizadores) são em betão armado, não existindo mais informação disponível sobre os mesmos.

Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Intervenções realizadas	
Não foi efetuada qualquer intervenção sobre esta infraestrutura.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Outros elementos

ANEXO IV

TÍTULO DA TESE**: EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA COSTA PORTUGUESA. QUE FUTURO?**

EMISSÁRIO SUBMARINO DE ESPINHO

Estudante: Pedro Tomé Magalhães Alves

Orientador e Coorientador: Prof. Fernando Francisco Machado Veloso Gomes e Prof. José Carlos Tentúgal Valente

Datas. Início e fim da construção, Início de exploração	
Início de exploração - 1999	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização física	
Diâmetro exterior	DN (800)
Difusor	Apresenta dois cones de redução DN800/DN630 e DN630/DN400
Tipo de fundação	Apoiado no fundo.
Espessura da parede	Não se encontra disponível.
Peso por metro linear	Não se encontra disponível.
Material	Polietileno de Alta Densidade (DN 800)
Comprimento	2000 m.
Profundidade máxima	-9 m.

Estado atual do emissário. Principais anomalias inventariadas	
No difusor, as inspeções subaquáticas efetuadas permitem concluir o seguinte: • Os *"risers"*/orifícios, os elementos de betão de estabilização da tubagem e as ligações metálicas apresentam-se nalgumas zonas cobertas com incrustações, o que dificulta avaliar o nível de desgaste das peças metálicas. • As ligações metálicas constituídas por abraçadeiras, parafusos, porcas e anilhas apresentam elevado estado de corrosão. • As flanges cega e de união dos tubos apresentam bom estado de conservação. No entanto, as ligações manifestam corrosão elevada. • Existem 5 abraçadeiras e respetivas ligações em aço inox de fixação do tubo nos blocos de betão. • Estas abraçadeiras estão instaladas nos blocos 5, 13 e 18. A numeração dos blocos tem início na extremidade do difusor. • No bloco 11 existe 1 abraçadeira com folga e rosca moída no perno de ligação no lado norte. • Existem *"risers"* obstruídos, sem descarga de efluente e *"risers"* tamponados com fuga de efluente. • Na zona da flange cega, no sub-troço 3, é visível a obstrução de meia secção da conduta.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Solução construtiva (pousado, enterrado, braçadeiras protegidas com betão, protegido com quebra-mar submerso, peso de enrocamento de proteção)	
O emissário é composto pelos quatro troços seguintes: • Troço I enterrado: entre a câmara de carga e a cota do terreno natural -1,0 m (ZH), com 310 m de comprimento. Neste troço a tubagem encontra-se embebida no fundo e envolvida em betão. • Troço II parcialmente enterrado (transição entre os troços com a tubagem enterrada e com a tubagem apoiada no terreno natural): entre a cota do terreno natural -1,0 m (ZH) e -7,0 m (ZH), com 281 m de comprimento. Este troço apresenta o sub-troço IIA com a tubagem embebida no fundo e envolvida em betão e o sub-troço IIB com a tubagem estabilizada com anéis de betão, maciços de calda coloidal entre anéis e um prisma de enrocamento. • Troço III apoiado: entre o terreno natural -7,0 m (ZH) e -9,0 m (ZH), com 1304 m de comprimento. Neste troço a tubagem ficou diretamente apoiada no fundo na data da construção e foi estabilizada com anéis de betão e maciços de calda coloidal entre anéis. • Difusor: neste troço a tubagem tem 105 m de comprimento, está apoiada numa plataforma de enrocamento e está estabilizada com 21 blocos de betão fixos ao tubo com abraçadeiras metálicas. A extremidade do emissário está na cota -9,0 m (ZH).	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Secção transversal "tipo"	
Não são conhecimentos elementos do tipo de secção transversal.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Planta e perfil	
As telas finais do emissário não estão disponíveis.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caracterização das ligações (flanges, soldaduras, parafusos, etc.)	
A ligação entre troços de polietileno, após afundamento, foi efetuada com recurso a uniões flangeadas, ligadas através de abraçadeiras, parafusos, porcas e anilhas.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Caudais (ponta e médio), **Volumes** (máximo, médio diário) e **Pressão** máxima instalada	
Caudal de ponta horário = 6.200 m3/h Volume médio diário = 82.300 m3/dia	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Tipo de tratamento dos efluentes a montante (domésticos, industriais)	
O efluente e descarregado com tratamento secundário desde 2007.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Informações sobre eventuais ocorrências de impactes ambientais nas praias	
Não são conhecidos quaisquer impactos desta infraestrutura sobre as praias ou sobre a dinâmica costeira. Periodicamente é efetuado o controlo de qualidade da água do mar, nas imediações da zona do difusor, não se assinalando qualquer alteração.	
Dados indisponíveis.	
Dados a enviar	

Sinalização do emissário no mar. (Tipo, caraterísticas)	
Não são conhecimentos elementos quanto ao tipo de sinalização marítima.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Monitorização. (Tipo, caraterização, frequência, métodos utilizados)	
Anualmente é efetuada a inspeção ao emissário, com recurso a mergulhadores profissionais, sendo efetuado registo em filme digital e produzido relatório detalhado de avaliação.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Custos de construção e de manutenção anual	
Informação não disponível.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Difusor. (Material, comprimento, diâmetro, profundidade máxima no difusor, diâmetro dos orifícios, espaçamento entre orifícios, ângulos com que os orifícios difusores orientam a descarga, altura dos orifícios, peso por metro linear)	
Apresenta dois cones de redução DN800/DN630 e DN630/DN400; Sub-troço 1: • DN800; • 26 *"risers"* com DN90 dos quais 10 *"risers"* são tamponados, 1 *"riser"* aberto, 10 orifícios abertos e 5 orifícios tamponados; • Uma união flangeada DN800 com 24 pernos de ligação. Sub-troço 2: • DN630; • 27 *"risers"* com DN125 dos quais estão 23 *"risers"* tamponados e 4 *"risers"* abertos. Sub-troço 3: • DN400; • 20 *"risers"* com DN160 dos quais 10 *"risers"* encontram-se tamponados, 5 *"risers"* abertos e 5 orifícios abertos; • Uma flange cega DN400, com 16 pernos de ligação, na extremidade.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Estabilizadores. (Material, forma de secção, dimensões de secção, espessura, altura, peso emerso, peso submerso, afastamento, sobrecarga equivalente uniformemente distribuída ao longo da tubagem. Percentagem de armadura. Recobrimento da armadura)	
Os estabilizadores (anéis de lastro e blocos estabilizadores) são em betão armado, não existindo mais informação disponível sobre os mesmos.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Intervenções realizadas	
Não foi efetuada qualquer intervenção sobre esta infraestrutura.	
Dados indisponíveis	
Dados a enviar	

Outros elementos