

Quebramares Portugueses (Madeira e Porto Santo)
Inventário e análise comparativa de soluções

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Zacarias de França Neves

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

setembro | 2013

UMa

Que

T/M UHA

624

NEV Que

Ex.1

Quebramares Portugueses (Madeira e Porto Santo)

Inventário e análise comparativa de soluções

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Zacarias de França Neves

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DA MADEIRA
SECTOR DE DOCUMENTAÇÃO
E ARQUIVO

ORIENTADOR
Sérgio António Neves Lousada



Centro de Competência de Ciências Exatas e da Engenharia

Quebramares Portugueses (Madeira e Porto Santo)

Inventário e análise comparativa de soluções

Licenciado em Engenharia Civil (Pós-Bolonha)

Dissertação submetida para o grau de Mestre em Engenharia Civil na Universidade da Madeira

por

JOÃO ZACARIAS DE FRANÇA NEVES

Orientador

Prof. Doutor Sérgio António Neves Lousada

(Universidade da Madeira)

setembro de 2013

Título: Quebramares Portugueses (Madeira e Porto Santo). Inventário e análise comparativa de soluções.

Palavras-Chave: Inventário; RAM; Quebramares; Portos; Manto Resistente; Perfil Transversal.

Keywords: Stocktaking; RAM; Breakwaters; Ports; Armour Layer; Cross-Section.

Autor: JOÃO NEVES

CCEE – Centro de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário de Penteada

9020-015 Funchal – Portugal. s/n

Telefone +351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariadocentros@uma.pt

Júri:

Doutor, João Paulo Martins, *Professor Auxiliar Convidado da Universidade da Madeira*

Doutora, Conceição Juana Espinosa Morais Fortes, *Investigadora Principal, Chefe do Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)*

Doutor, Sérgio António Neves Lousada, *Professor Auxiliar Convidado da Universidade da Madeira*

Defesa a 15 de novembro de 2013

Funchal, Madeira

Para a minha família

Resumo

A presente dissertação visa a elaboração de um inventário relativo aos quebramares portuários construídos na Região Autónoma da Madeira (RAM), complementado por uma análise comparativa das soluções adotadas.

Outro dos objetivos passa pela recolha de elementos que possam revelar-se importantes contributos para futuros desenvolvimentos académicos nesta área da engenharia na UMA.

Numa primeira fase, procedeu-se à identificação de todos os quebramares portuários e à análise das condições locais. Efetuou-se, *a posteriori*, um registo fotográfico de modo a poder enquadrá-los geograficamente na região.

Numa segunda fase, elaborou-se uma base de dados com a informação recolhida dos vários quebramares identificados, que serviu de termo comparativo para a análise que se seguiu.

Foi elaborada uma análise das secções transversais dos respetivos quebramares e identificadas as diferentes tipologias adotadas, com incidência na construção dos mantos resistentes, constituídos por enrocamento ou por utilização de blocos artificiais de betão.

Por último, foi realizada uma comparação entre os diferentes modelos de quebramares portuários por tipologia e função. De referir que, para cada caso em particular não existe apenas uma solução e a sua escolha é determinada pela conjugação de diferentes fatores, económicos, materiais e operacionais. A seleção da solução mais adequada é em grande parte condicionada pela função que a mesma irá desempenhar bem como pelas características do local de implantação da obra. Realiza-se, assim, uma análise às diferentes soluções de quebramares portuários da RAM com o intuito de avaliar as melhores condições da sua aplicabilidade.

Palavras-Chave:

Inventário; RAM; Quebramares; Portos; Manto Resistente; Perfil Transversal.

Abstract

The present dissertation aims to elaborate a stocktaking concerning the breakwaters built in the Autonomous Region of Madeira (RAM), complemented by a comparative analysis of the adopted solutions.

Another of our goals is the gathering of elements that may reveal themselves to be important contributions to future academic developments in this particular area of engineering in the University of Madeira (UMa).

In a first stage after identifying all the breakwaters and once analyzed all the local conditions, a photographic record was performed as to geographically frame them in the region.

In a second stage a database was elaborated with all the collected data from all the identified breakwaters, which served as a comparison to the following analysis.

A very elaborate analysis of the cross-sections of the enounced breakwaters was prepared by identifying all the different typologies adopted, with particular incidence in the making of the armour layers, composed by quarry stone or by utilizing concrete blocks.

In the end a comparison was made between the different breakwater models by typology and role. It is our belief that for each particular case there is not only one solution available and its choosing is determined by the conjugation of different factors, such as economic, materialistic and operational. The selection of the most suitable solution is hugely conditioned by the role it is meant to play as well as the characteristics of the implantation site of the construction. Therefore an analysis was made of the different solutions of breakwaters in the Autonomous Region of Madeira (RAM) with the intent to assess the best conditions for their applicability.

Key words:

Stocktaking; RAM; Breakwaters; Ports; Armour Layer; Cross-Section.

Agradecimentos

Esta dissertação de mestrado representa um período de evolução e de esforço que se tornou possível graças à colaboração de algumas pessoas e entidades, às quais queria dedicar esta página. A todos, um sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, devo um profundo agradecimento ao Professor Doutor Sérgio António Neves Lousada, responsável pela orientação desta dissertação, não só pelo constante apoio e acompanhamento ao longo do trabalho, mas também pela disponibilidade de se deslocar para o reconhecimento e identificação dos locais, alvos deste estudo. E ainda pela transmissão de uma metodologia de trabalho, baseada na autonomia e na iniciativa, com a qual adquiri uma aprendizagem eficaz e coerente.

Aos meus pais e irmãs, agradeço o conforto e estabilidade que sempre me proporcionaram, revelando-se suportes fundamentais no desenvolvimento de todo o processo. Sem o seu apoio, a consecução do presente trabalho não teria sido possível. A eles, o meu obrigado.

À minha namorada Diana, pela ajuda, apoio, incentivo e sobretudo pela compreensão e paciência nos momentos mais difíceis.

Por último, agradeço aos meus amigos e colegas da UMa pelo companheirismo e amizade demonstrada ao longo destes anos.

Índice

Resumo.....	V
Abstract	VII
Agradecimentos.....	IX
Índice.....	XI
Índice de Figuras	XV
Índice de Quadros	XIX
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	XXI
1. Introdução	1
1.1 Introdução	2
1.2 Função dos Quebramares Portuários.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Metodologia de Desenvolvimento	5
1.5 Organização da Dissertação.....	5
2. Considerações sobre Quebramares Portuários	7
2.1 Enquadramento	8
2.2 Tipologia e Funções de Quebramares Portuários.....	8
2.2.1 Quebramares de Taludes.....	9
2.2.2 Quebramares de Parede Vertical.....	10
2.2.3 Quebramar Misto	11
2.2.4 Quebramares de Estrutura Mista.....	12
2.3 Constituição de um Quebramar de Estrutura Mista - Perfil Transversal	13
2.3.1 Risberma	15
2.4 Materiais – Composição do Manto Resistente.....	16

Índice

2.4.1	Enrocamento	16
2.4.2	Blocos Pré-Fabricados de Betão	18
2.4.2.1	Tetrápode	22
2.4.2.2	Cubo Modificado “Antifer”	24
2.5	Ações.....	27
2.5.1	Agitação Marítima	27
2.5.1.1	Empolamento	29
2.5.1.2	Difração	30
2.5.1.3	Refracção	30
2.5.1.4	Reflexão	31
2.5.1.5	Rebentação.....	32
2.5.1.6	Espraiamento e Refluxo.....	34
2.5.2	Correntes	35
2.5.2.1	Correntes Induzidas Pelo Vento.....	35
2.5.2.2	Correntes Termohalinas	36
2.5.3	Marés.....	37
2.5.3.1	Origem das Marés	37
2.5.3.2	Regimes de Marés.....	39
2.5.4	Sismos e Tsunamis.....	41
2.6	Métodos de Dimensionamento.....	41
2.6.1	Fórmula de Iribarren	44
2.6.2	Fórmula de Hudson.....	46
2.6.3	Fórmula de Van der Meer	48
2.7	Modos de Rotura.....	52
2.8	Notas Finais.....	54

Índice

3. Caracterização da RAM do Ponto de Vista do Estudo.....	55
3.1 Enquadramento Geográfico da RAM	56
3.2 Características e Condicionantes do Local de Intervenção.....	57
3.2.1 Particularidades Geológicas e Morfológicas	57
3.2.1.1 Ilha da Madeira.....	57
3.2.1.2 Ilha de Porto Santo.....	58
3.2.2 Divisão Administrativa do Território	59
3.2.3 Rede de Bóias Ondógrafo.....	59
3.2.4 Regimes de Marés, Correntes e Agitação Marítima na Ilha da Madeira e Porto Santo.....	60
3.2.4.1 Marés	60
3.2.4.2 Correntes.....	63
3.2.4.3 Agitação Marítima.....	63
3.2.5 Localização dos Locais de Estudo	67
3.2.5.1 Ilha da Madeira.....	67
3.2.5.2 Ilha de Porto Santo.....	68
4. Preparação de uma Base de Dados.....	69
4.1 Considerações Iniciais	70
4.2 Critérios Adotados	70
4.3 Ficha Modelo	72
4.4 Limitações.....	77
4.5 Considerações Finais	78
5. Análise Comparativa.....	79
5.1 Considerações Iniciais	80
5.2 Funções das Estruturas Portuárias da RAM.....	80
5.3 Composição da Estrutura Portuária da RAM.....	83

Índice

5.4 Tipos e Funções dos Quebramares.....	85
5.5 Critério Estabelecido – Classificação do Manto Resistente.....	87
5.6 Características do Manto Interior.....	89
5.7 Inclinação do Manto Exterior vs Manto Interior.....	90
5.8 Onda de Projeto – Altura de Onda Significativa (Hs).....	93
5.9 Comprimento dos Quebramares.....	94
5.10 Largura Útil da Superestrutura.....	95
5.11 Cotas de Coroamento.....	97
5.12 Cotas de Serviço.....	98
6. Conclusões, Considerações e Desenvolvimentos Futuros.....	101
6.1 Conclusões.....	102
6.2 Desenvolvimentos Futuros.....	104
Referências Bibliográficas.....	105
Anexos.....	109
Anexo A – Mapa geral com a localização dos quebramares portuários da RAM.....	111
Anexo B – Lista do inventário – quebramares portuários da RAM.....	115
Anexo C – Fichas de inventário dos quebramares portuários da RAM.....	119
Anexo D – Visita à obra de intervenção nas ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes.....	197


Índice de Figuras

Figura 1.1 – Quebramar portuário, marina no Dubai (Fonte: http://www.halcrow.com).	3
Figura 1.2 – Quebramar portuário, múltiplos usos em Madagascar (Fonte: http://www.baird.com).	4
Figura 1.3 – Organigrama da metodologia adotada na realização da dissertação.	5
Figura 2.1- Perfis Transversais - Tipo dos vários tipos de quebramares (Adaptado de PINTO, 2000).	9
Figura 2.2 – Perfis Transversais -Tipo de um quebramar vertical (a), e quebramar misto (b) (Adaptado de PINTO, 2011).	11
Figura 2.3 – Quebramar de estrutura mista (Adaptado de CIRIA <i>et al.</i> , 2007).	12
Figura 2.4 - Perfil transversal de um quebramar de estrutura mista (Adaptado de LOPES, 2005).....	13
Figura 2.5 – Soluções típicas para risberma em quebramares de taludes (Adaptado de USACE, 2006).	15
Figura 2.6 – Dimensões ortogonais do bloco (USACE, 2006).	17
Figura 2.7 – Tipos de blocos artificiais de betão (I) (Adaptado de PITA, 1986).	19
Figura 2.8 – Tipos de blocos artificiais de betão (II) (Adaptado de PITA, 1986).....	20
Figura 2.9 – Classificação dos blocos (Adaptado de USACE, 2006).	21
Figura 2.10 – Representação do Tetrápode (Adaptado de CRUZ, 2008).	22
Figura 2.11 – Manto resistente do Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Naufragos (Santa Cruz).	23
Figura 2.12 – Manto resistente do Cais Acostável de Santa Cruz.....	24
Figura 2.13 – Representação do bloco cúbico “Antifer” (Adaptado de CRUZ, 2008).	25
Figura 2.14 – Manto resistente do Porto de Abrigo do Porto Moniz.	26
Figura 2.15 – Manto resistente do Porto de Machico.....	26
Figura 2.16 – Zona de geração da ondulação (Fonte: http://web.lettras.up.pt/asaraujo/seminario/Aula3.htm#_ftn1).	28

Índice de Figuras

Figura 2.17 – Agitação irregular (FREITAS, 2013).....	29
Figura 2.18 – Empolamento (Fonte: www.ericbeiers.com).	29
Figura 2.20 – Representação do fenómeno de refração das ondas.	31
Figura 2.22 – Ondas estacionárias (Fonte: http://web.letras.up.pt/asaraujo/seminario/Aula3.htm#_ftn1).....	32
Figura 2.23 – Rebentação mergulhante (Adaptado de CRUZ, 2008).....	33
Figura 2.24 – Rebentação progressiva (Adaptado de CRUZ, 2008).	33
Figura 2.25 – Rebentação de fundo (Adaptado de CRUZ, 2008).	33
Figura 2.26 – Fenómeno de espraiamento e refluxo da agitação (LOPES, 2005).....	34
Figura 2.27 – Esquematização das correntes oceânicas induzidas pelos ventos (Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Oceanic_gyres.png).	36
Figura 2.28 – Padrão de circulação termohalina global, azul claro: águas superficiais, roxo: águas profundas (Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Circulacion_termohalina.jpg).	37
Figura 2.29 – Representação esquemática da posição Terra – Lua – Sol (Fonte: http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html).	38
Figura 2.30 – Distribuição dos vários regimes de maré pelo mundo (Fonte: http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html).	40
Figura 2.31 – Génese de um tsunami (Fonte: http://web.letras.up.pt).....	41
Figura 2.32 – Fórmulas de dimensionamento do peso dos blocos a colocar no manto resistente (CRUZ, 2008).....	43
Figura 2.33 – Coeficiente de permeabilidade, P (Adaptado de USACE, 2006).....	50
Figura 2.34 – Modos de rotura de um quebramar de taludes (CORREIA, 2009).	53
Figura 2.35 – Modos de rotura de quebramares mistos (CORREIA, 2009).....	53
Figura 3.1 – Representação do arquipélago da Madeira, com exceção das ilhas Selvagens. (Atlas de Portugal http://www.igeo.pt)	56
Figura 3.2 – Concelhos da RAM (Fonte: Adaptado de http://codigopostal.ciberforma.pt/distrito.asp?dist=31).....	59

Índice de Figuras

Figura 3.3 – Rede de bóias ondógrafo na RAM, assinaladas com o ícone  , no ano de 2012 (Adaptado de CORREIA E SOARES, 2012).....	60
Figura 3.4 – Dados referentes às bóias ondógrafo do Funchal (a) e do Caniçal (b) (Adaptado de APRAM, 2012).	64
Figura 3.5 – Efeito de sombra das ilhas, altura significativa (m). Fonte: (http://www.hidrografico.pt/previsao-arquipelago-madeira.php)	64
Figura 3.6 – Dados referentes à bóia ondógrafo do Funchal (1996 – 2011), (Adaptado de APRAM, 2012).	65
Figura 3.7 – Dados referentes à bóia ondógrafo do Caniçal (2002 – 2011), (Adaptado de APRAM, 2012).	66
Figura 3.8 – Localização dos locais de estudo na ilha da Madeira.	67
Figura 3.9 – Localização dos locais de estudo na ilha de Porto Santo.	68
Figura 4.1 – Ficha Modelo, Parte I.....	74
Figura 4.2 – Ficha Modelo, Parte II.	75
Figura 4.3 – Ficha Modelo, Parte III.....	76
Figura 5.1 – Análise percentual das funcionalidades das estruturas portuárias da RAM.	82
Figura 5.2 – Composição das estruturas portuárias da RAM.....	85
Figura 5.3 – Análise percentual do tipo de quebramares portuários existentes na RAM.....	86
Figura 5.4 – Análise percentual da função dos quebramares portuários existentes na RAM.	86
Figura 5.5 – Análise percentual da classificação das estruturas relativamente ao manto resistente dos quebramares portuários da RAM.....	87
Figura 5.6 – Análise percentual da composição dos mantos resistentes dos quebramares portuários da RAM.....	88
Figura 5.7 – Repartição do peso por classes dos blocos do manto resistente dos quebramares portuários da RAM.....	89
Figura 5.8 – Análise percentual do tipo de material utilizado nos mantos interiores dos quebramares portuários da RAM.	90
Figura 5.9 – Análise percentual da distribuição das inclinações do manto exterior.	91
Figura 5.10 – Representação das inclinações do manto exterior.....	91

Índice de Figuras

Figura 5.11 - Análise percentual da distribuição das inclinações do manto interior.	92
Figura 5.12 – Representação das inclinações do manto exterior.	92
Figura 5.13 – Alturas de ondas significativas H_s , dos quebramares portuários da RAM.	94
Figura 5.14 – Repartição por classes dos comprimentos dos quebramares portuários da RAM.	95
Figura 5.15 – Repartição por classes das larguras úteis da superestrutura, dos quebramares portuários da RAM.	96
Figura 5.16 – Gare marítima do porto do Funchal.	96
Figura 5.17 – Repartição por classes das cotas de coroamento, dos quebramares portuários da RAM.	98
Figura 5.18 – Repartição por classes das cotas de serviço, dos quebramares portuários da RAM.	99

Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Distinção entre quebramar de parede vertical e misto (Adaptado de PITA, 1986).	12
Quadro 2.2 – Características geométricas do Tetrápode (PITA, 1986).	22
Quadro 2.3 - Características geométricas do cubo “Antifer” (PITA, 1986).	25
Quadro 2.4 – Valores de K de acordo com o tipo de bloco (PITA, 1986).	44
Quadro 2.5 – Valores de k' e μ para a formula de Iribarren (Adaptado de PITA, 1986).	45
Quadro 2.6 – Coeficiente K_D da fórmula de Hudson (PITA, 1986).	48
Quadro 2.7 – Valores do parâmetro S recomendáveis, para mantos resistentes constituídos por duas camadas de enrocamento, propostos por Van der Meer (CIRIA <i>et al.</i> , 2007).....	50
Quadro 2.8 – Número de dano característico para blocos artificiais de betão (Cubo “Antifer”, e tetrápode), (Adaptado de CIRIA <i>et al.</i> , 2007).	51
Quadro 4.1 – Critério de classificação do manto resistente.	71
Quadro 4.2 – Exemplo de classificação.	72
Quadro 4.3 – Método de Codificação.	72
Quadro 5.1 – Quadro resumo das funções das estruturas portuárias da RAM.....	80
Quadro 5.2 – Funcionalidades das estruturas portuárias da RAM.	81
Quadro 5.3 – Composição das estruturas portuárias da RAM.	83

Lista de Siglas e Abreviaturas

APRAM – Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira

CEM – Coastal Engineering Manual

IH – Instituto Hidrográfico

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LREC – Laboratório Regional de Engenharia Civil

RAM – Região Autónoma da Madeira

T.O.T – Enrocamento de “todo o tamanho”

ZH – Zero Hidrográfico

E – Este

km – Quilómetros

kN – Quilonewton

m – metros

N – Norte

NE – Nordeste

NM – Nível Médio

NR – Nível de Repouso

NW – Noroeste

s – Segundos

S – Sul

W – Oeste

Capítulo 1

Introdução

1.1 Introdução

Desde os tempos mais remotos, o Homem procurou melhorar as suas condições de vida, desenvolvendo constantemente novos instrumentos e infraestruturas que se revelassem capazes de contribuir para o seu crescimento e expansão. Deste modo, a civilização tem aproveitado a via marítima para garantir a subsistência, a defesa e o comércio, procurando continuamente formas de melhorar a proteção das estruturas portuárias através da contínua evolução e análise das construções a este nível, com o intuito de garantir não só a sua importância no presente, como futura.

Na Engenharia Civil, no ramo de Obras Marítimas em construções, como o caso de um porto artificial, as obras de engenharia a este nível revelam-se extremamente complexas, uma vez que estão envolvidas diversas variáveis em jogo. É necessário conhecer fatores tão imprecisos como a agitação, as correntes marítimas na costa, a natureza e movimentação de sedimentos, os ventos predominantes. Neste sentido, pode afirmar-se que a Engenharia Costeira consiste na procura de soluções viáveis e economicamente sustentáveis que contribuam para o desenvolvimento das atividades do homem nas zonas costeiras (FABIÃO, 2012).

Surgem então os quebramares, que são estruturas hidráulicas construídas de modo a criar zonas abrigadas em áreas costeiras, com a finalidade de facilitar a navegação ou proteger a linha de costa da agitação marítima.

Assim, a presente dissertação pretende identificar as intervenções neste ramo da engenharia, especificadamente os quebramares portuários presentes na RAM.

1.2 Função dos Quebramares Portuários

Os quebramares são estruturas de proteção costeira e portuária, obstáculo à ação da agitação marítima. Podem apresentar diversas configurações em função das características da agitação marítima e da morfologia do local, bem como o tipo de operações pretendidas na área a proteger.

Quando a sua construção é executada com fins portuários, são criados planos de água protegidos, sem grande agitação, de maneira a possibilitar as diversas operações portuárias, isto é, a viabilidade de se realizarem operações de acostagem, carga e descarga das embarcações marítimas, e ainda a permanência em marinas de forma segura (Figura 1.1 e 1.2), (PINTO, 2000). Apresentam-se como estruturas que podem ter um enorme desenvolvimento em planta e que envolvem grandes volumes de materiais, razão pela qual a sua construção tem um custo elevado.

Numa estrutura como um quebramar de taludes, o manto resistente pode ser composto por enrocamento ou por blocos artificiais de betão. Atualmente, por razões de estabilidade, e pela reduzida disponibilidade de enrocamento com o peso necessário, a maior parte dos mantos dos quebramares de taludes são constituídos por blocos de betão, que podem assumir diversas formas (FABIÃO, 2012).

Para a construção de um quebramar, interessa obter o máximo conhecimento sobre o seu funcionamento estrutural, de modo que a segurança esteja assegurada, mediante custos economicamente aceitáveis.



Figura 1.1 – Quebramar portuário, marina no Dubai (Fonte: <http://www.halcrow.com>).



Figura 1.2 – Quebramar portuário, múltiplos usos em Madagascar (Fonte: <http://www.baird.com>).

1.3 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo primordial a realização de uma base de dados o mais completa possível, relativa aos quebramares portuários construídos na RAM. Pretende-se assim, por um lado, fazer um levantamento dos locais alvos deste estudo e, por outro lado, fazer uma análise comparativa das soluções adotadas.

Foi realizado um considerável período de pesquisa, materializada em fichas individuais de inventário, as quais serão compostas por registo fotográfico do local, aspetos técnicos e outras informações inerentes às estruturas, que se entenda pertinente referenciar.

Quanto à utilidade desta base de dados em termos profissionais ou académicos, a mesma deve ser encarada como uma fonte de informação sobre os respetivos quebramares analisados, os quais passarão a estar compilados de forma criteriosa, situação que até então não acontecia.

Além dos objetivos referidos, constituíram ainda objetivos desta dissertação:

- Aprofundamento de conhecimentos do tema em questão;
- Possibilidade de interagir com as entidades promotoras e intervenientes na execução das obras em estudo, de maneira a recolher informação necessária.

1.4 Metodologia de Desenvolvimento

A presente dissertação foi desenvolvida de acordo com o organigrama apresentado na Figura 1.3, tendo-se iniciado por uma pesquisa e revisão bibliográfica, seguida da elaboração de um inventário, mediante o reconhecimento dos locais em estudo, com registo fotográfico e recolha, tratamento e organização dos dados técnicos afetos à construção dos mesmos. Posteriormente, procedeu-se a uma análise comparativa das soluções adotadas, com incidência para o peso dos blocos do manto resistente. No final, foram expostas as conclusões.

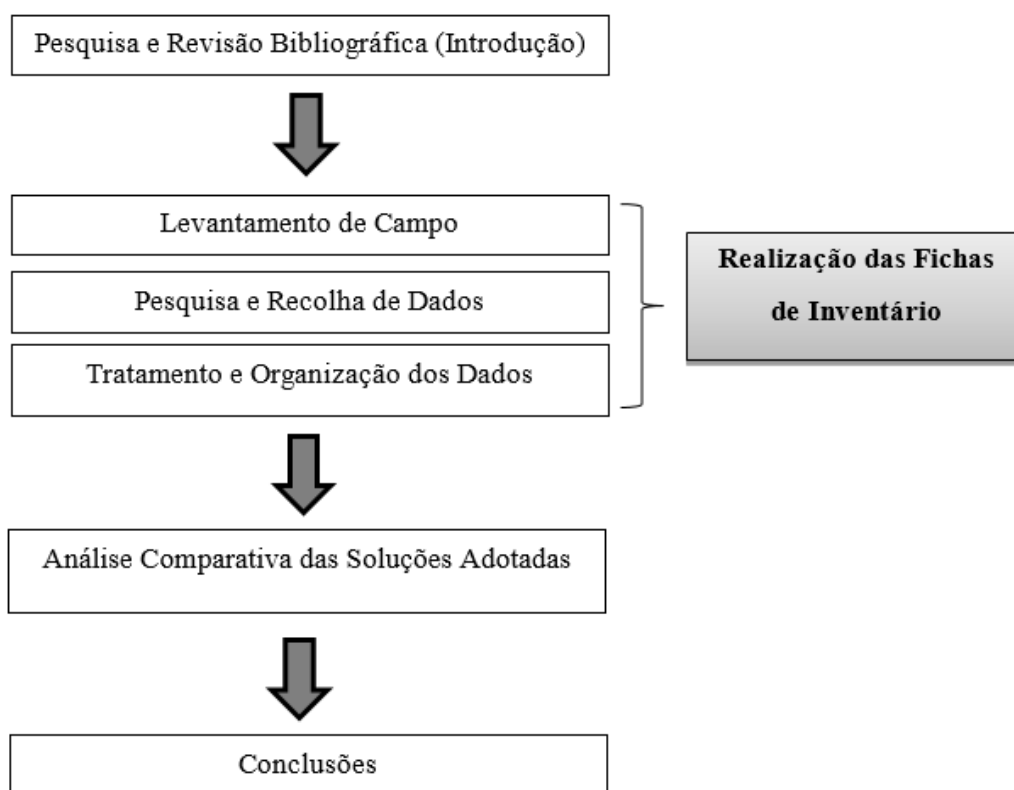


Figura 1.3 – Organigrama da metodologia adotada na realização da dissertação.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação inclui 6 capítulos, cujo conteúdo é apresentado seguidamente de forma sumária:

O *Capítulo 1* é meramente introdutório. É realizada, primeiramente, uma breve introdução ao tema e, posteriormente, são apresentados os principais objetivos deste estudo, com incidência sobre a metodologia e estrutura da dissertação.

O *Capítulo 2* é dedicado à apresentação das várias soluções disponíveis para quebramares portuários convencionais, divididos por tipologias. Seguidamente, são descritos os elementos constituintes de um quebramar de estrutura mista, os materiais, as ações e fenómenos de interação a que estas estruturas estão sujeitas, e ainda os métodos de pré-dimensionamento do peso dos blocos a aplicar no manto resistente. Este capítulo finaliza com uma pequena alusão aos modos de rotura dos quebramares.

O *Capítulo 3* destina-se à caracterização da RAM, com referência à localização geográfica do arquipélago. Posteriormente, são descritas de forma breve as características e condicionantes do local de intervenção deste estudo. Este capítulo finaliza com a sinalização dos locais alvos de estudo, nesta dissertação.

O *Capítulo 4* é dedicado à preparação da base de dados, onde estão patentes os principais critérios para a sua construção. Posteriormente é apresentado o perfil da ficha desenvolvida, fundamentando a informação que deverá conter. No final deste capítulo, ainda são referidas as principais dificuldades sentidas na sua execução.

O *Capítulo 5* incide sobre a apresentação dos resultados da análise comparativa. Saliente-se que a análise estatística da informação é disposta no formato de tabelas síntese e gráficos. Neste capítulo, são efetuados comentários aos dados expostos, que vão desde as funcionalidades das estruturas portuárias da RAM aos tipos e funções de quebramares portuários construídos, incluindo a análise da maioria das características globais dos quebramares identificados e inventariados.

Por fim, no *Capítulo 6*, são expostas as conclusões gerais e propostas algumas sugestões para desenvolvimentos que poderão ser realizados futuramente, no seguimento da presente dissertação.

Em anexo, encontram-se de forma ordenada as fichas de inventário, criadas para cada quebramar portuário, bem como outros documentos produzidos no decorrer da dissertação.

Capítulo 2

Considerações sobre Quebramares Portuários

2.1 Enquadramento

Desde sempre o Mar tem vindo a assumir-se de uma importância vital para a economia nacional, nomeadamente no que diz respeito às trocas comerciais com outros países, ao abastecimento de populações, pelo potencial no setor turístico, como também pela posição geoestratégica no campo militar (LREC, s.d).

Para a exploração eficaz do sistema de transportes marítimos, estabeleceu-se na costa de Portugal Continental e das Regiões Autónomas uma importante rede portuária, com vista à criação de condições seguras para o estacionamento das embarcações e para as imprescindíveis operações de carga e descarga dos bens transportados (LREC, s.d).

A maior parte dos principais portos da RAM, em virtude da sua localização em zonas de mar aberto, são protegidos por quebramares, permitindo criar as condições propícias para a atividade portuária.

Segundo PITA (1986), citando VERA-CRUZ: “*quebramar* é, na sua conceção mais geral, qualquer obstáculo à propagação normal de ondas de gravidade geradas pelo vento sobre uma superfície de água”. São denominados “molhes” os quebramares cujo paramento interior é parcial ou totalmente utilizado em operações de carga e descarga de navios ou simplesmente quando tem função de guia de correntes (PITA, 1986).

Neste contexto, os quebramares com funções portuárias são estruturas construídas na proximidade da linha de costa, geralmente quase paralelos a esta. A sua forma depende da dimensão e da disposição da área portuária a proteger, da direção predominante da ondulação incidente aquando da ocorrência de acontecimentos de agitação invulgar, como o caso das tempestades, e ainda das correntes dominantes de transporte de sedimentos assim como da necessidade de manobrabilidade das embarcações que operam no porto.

2.2 Tipologia e Funções de Quebramares Portuários

Tradicionalmente, os quebramares são divididos em dois grupos, de acordo com a sua origem. Quando a sua existência se deve a condições naturais, é atribuída a designação de *quebramares*

naturais. Se, pelo contrário, forem resultado da intervenção humana, são denominados *quebramares artificiais* (PITA, 1986).

Existe ainda o critério de ligação à terra. Um quebramar (natural ou artificial) pode ser do tipo enraizado quando uma das extremidades se encontra ligada à terra, adquirindo normalmente a forma encurvada ou em L, ou do tipo destacado quando são construídos a certa distância (“separado”) da terra (APRH, 2013).

Os quebramares (convencionais) artificiais tipicamente utilizados em áreas portuárias são de quatro tipos, Figura 2.1:

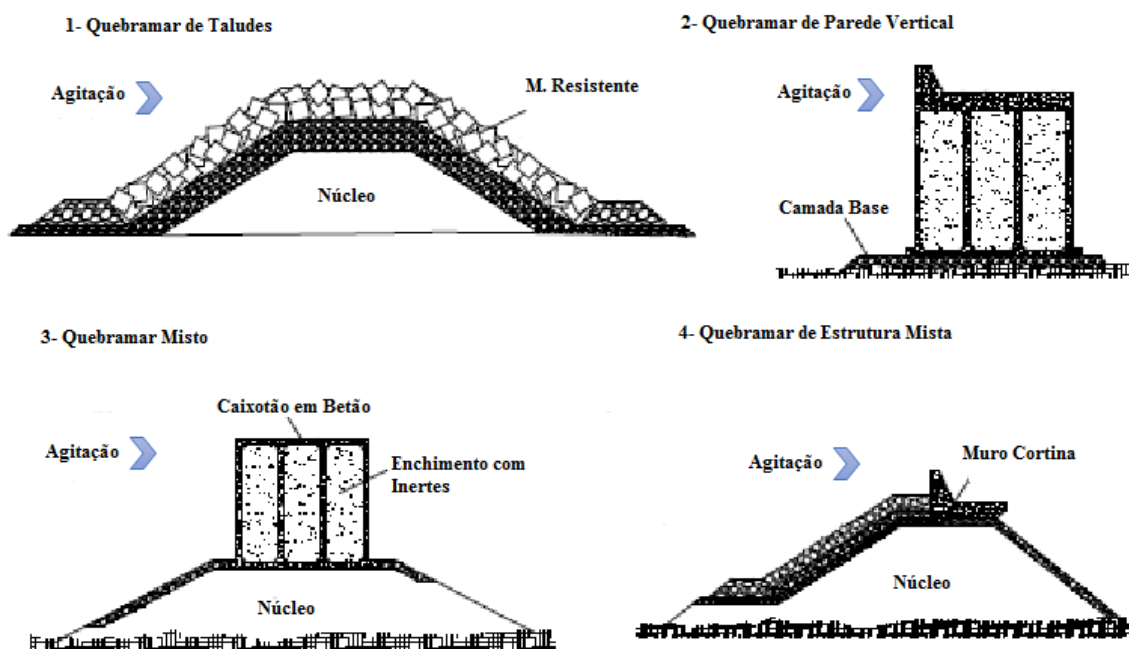


Figura 2.1- Perfis Transversais - Tipo dos vários tipos de quebramares (Adaptado de PINTO, 2000).

Descreve-se de seguida cada tipo de quebramar convencional supramencionado:

2.2.1 Quebramares de Taludes

O quebramar de taludes é, presumivelmente, o tipo de estrutura de defesa marítima mais antiga, tendo sido aplicada para a proteção de portos e em zonas de acostagem desde os tempos dos romanos (CORREIA, 2009).

São estruturas marítimas maciças, de perfil transversal trapezoidal, destinadas a proporcionar abrigo às embarcações, reduzindo a ação das ondas numa área a sotamar da estrutura.

Deste modo, os quebramares de taludes minimizam o poder da ondulação através da combinação da dissipação e reflexão da energia das ondas, isto é, ao embaterem no talude, estas dissipam grande parte da sua energia através da sua rebentação (emulsão ar-água) e do escoamento turbulento nas camadas porosas de proteção, enquanto a restante é refletida para o largo (PITA, 1986).

O manto resistente corresponde à faixa externa do talude, sobre a qual se dá o impacto de forças induzidas pelas ações¹ que solicitam a estrutura. Esta pode ser composta quer por camadas de enrocamento quer por blocos pré-fabricados de betão.

As principais vantagens deste tipo de estruturas são a relativa simplicidade de construção, quando comparadas com outros tipos de quebramares, e ainda a boa eficácia na dissipação da energia das ondas incidentes (PITA, 1986).

2.2.2 Quebramares de Parede Vertical

Este tipo de quebramar caracteriza-se por ostentar uma estrutura de paramento vertical, constituída geralmente por caixotões ou caixões, aduelas, blocos pré-fabricados de betão ou por blocos de pedra, que se justapõem lateralmente.

Os materiais que compõem a fundação funcionam apenas como regularização do fundo. Em regra, são compostos por enrocamento sobre o qual assenta a estrutura vertical.

Neste tipo de quebramar, a parede frontal é impermeável, refletindo a energia das ondas para o largo sem que ocorra a rebentação (PINTO, 2000). Por esta razão, implica que a implantação deste tipo de solução seja maioritariamente em zonas de grandes profundidades.

¹As ações que atuam num quebramar são as marés, as correntes, a agitação marítima, os sismos e os tsunamis.

2.2.3 Quebramar Misto

De forma simplificada, um quebramar misto é uma estrutura que comporta um quebramar de parede vertical assente num quebramar de taludes simples (CORREIA, 2009). Esta apreciação surge de acordo com o comportamento da estrutura face à agitação marítima incidente, ou seja, estas estruturas têm um funcionamento análogo aos quebramares de parede vertical até um certo nível de água e altura de onda. Para alturas de ondas superiores, ao provocar a rebentação, comportam-se em parte como quebramar de talude e em parte como quebramares de parede vertical (PITA, 1986).

Quando a onda rebenta diretamente na parede vertical, o quebramar é designado de quebramar misto, devido à sua elevada capacidade de resistir à ação das ondas. Assim, uma vez que a berma deste tipo de quebramar se encontra a uma cota muito baixa relativamente ao nível de repouso, implica que a parede tenha de resistir à maioria da ação da onda, incluindo na própria parede vertical.

Dada a semelhança entre os quebramares de parede vertical e misto, estabeleceram-se parâmetros, de forma a distingui-los. (Figura 2.2.)

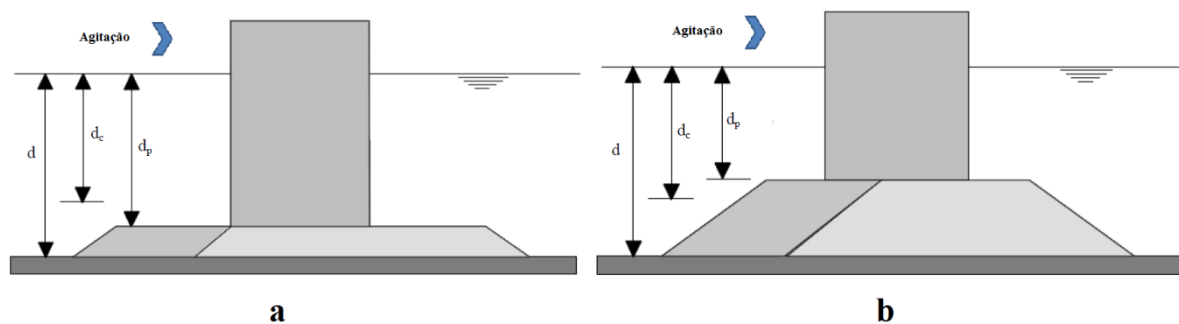


Figura 2.2 – Perfis Transversais -Tipo de um quebramar vertical (a), e quebramar misto (b)

(Adaptado de PINTO, 2011).

Portanto, para fazer essa distinção, compara-se a profundidade da parede vertical (“pé do muro”), d_p , com a mínima altura de água compatível, por sua vez, com o *clapotis* limite, d_c , como é apresentado no Quadro 2.1 (PITA, 1986). O *clapotis* corresponde à sobreposição de uma onda incidente com uma onda refletida em regime estacionário, em que a altura da onda

incidente é igual à altura da onda refletida (VIEIRA, 2012).

Quadro 2.1 – Distinção entre quebramar de parede vertical e misto (Adaptado de PITA, 1986).

TIPOS DE QUEBRAMARES	CARACTERÍSTICAS
QUEBRAMAR DE PAREDE VERTICAL	$dp > dc$
QUEBRAMAR MISTO	$dp < dc$

2.2.4 Quebramares de Estrutura Mista

Existe ainda um tipo de quebramares, intitulado quebramar de estrutura mista, que integra um caso particular dos quebramares taludes. Caracteriza-se por apresentar uma superestrutura de dimensão considerável que se resume a um muro cortina, que poderá conter ou não um defletor, e destina-se a evitar os galgamentos (PITA, 1986). Isto significa que o comportamento a nível do manto resistente deste quebramar é análogo ao quebramar de taludes.

Outro caso em particular, que será considerado como quebramar de estrutura mista nesta dissertação, é remetido para outra combinação de um talude de proteção com um caixotão ou semelhante, onde o mesmo é colocado atrás do talude composto por um manto resistente de enrocamento ou por blocos artificiais de betão com dimensões suficientes por forma a garantir a estabilidade da estrutura. O caixotão é assente numa fundação constituída por enrocamento, como mostra a Figura 2.3. Esta opção permite diminuir a reflexão da agitação e evitar a rebentação da agitação diretamente no caixotão, protegendo o lado a barlar com um manto resistente de proteção.

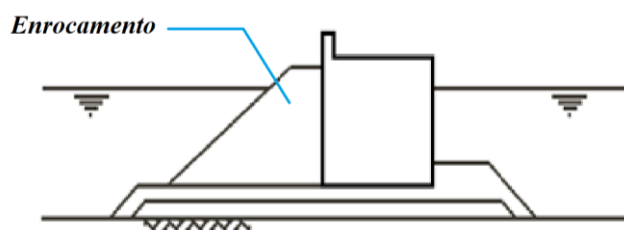


Figura 2.3 – Quebramar de estrutura mista (Adaptado de CIRIA *et al.*, 2007).

Conforme supramencionado, existem várias tipologias de quebramares aplicados para fins portuários. Importa mencionar que esta dissertação se focará na análise e interpretação das situações selecionadas para este estudo, como veremos nos próximos capítulos, onde será dada uma maior importância à composição dos mantos resistentes das estruturas quando estas o evidenciarem.

2.3 Constituição de um Quebramar de Estrutura Mista - Perfil Transversal

Na Figura 2.4, é possível observar os principais constituintes de um quebramar de estrutura mista.

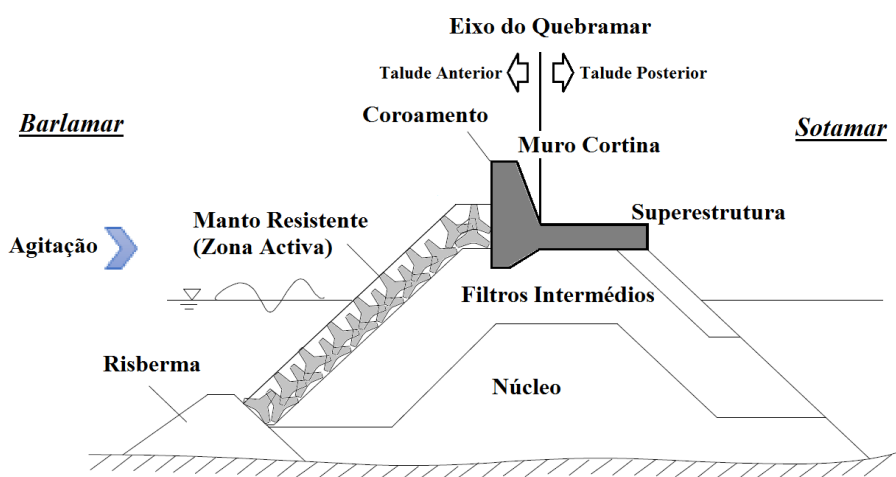


Figura 2.4 - Perfil transversal de um quebramar de estrutura mista (Adaptado de LOPES, 2005).

A estrutura hidráulica em causa é formada por um perfil tipo trapezoidal em que ambos os lados são compostos por taludes, constituídos por várias camadas enumeradas a seguir, sendo a mais relevante o manto resistente (camada mais superficial do talude).

As atividades portuárias desenvolvem-se em geral a sotamar da estrutura, isto é, no lado protegido pelo quebramar, associadas ao talude posterior.

De acordo com a Figura 2.4, descrevem-se em seguida as várias partes constituintes do perfil apresentado, com base em PITA (1986):

1. *Coroamento* – superfície definida pelos pontos de cota máxima do quebramar (coincide com o topo do muro cortina no caso de um quebramar de estrutura mista);
2. *Muro Cortina* – parte da superestrutura destinada a reduzir o galgamento. Pode ou não existir na superfície anterior um defletor;
3. *Superestrutura* – estrutura em betão ou alvenaria, em geral maciço, de coroamento de um quebramar misto, destinado a facilitar o acesso e, no caso de quebramares de estrutura mista, a reduzir os galgamentos;
4. *Manto Resistente* – faixa externa do talude anterior, sobre a qual se dá o embate direto da ondulação. É constituída por blocos naturais ou artificiais, colocados normalmente em duas camadas, sendo denominada por primeira camada a superior e por segunda camada a inferior. Na Figura 2.4, está ilustrado um exemplo dos blocos artificiais, o tetrápode, aplicados nesta camada;
5. *Risberma, patamar de apoio ou banqueteta* – prisma de enrocamento que serve de suporte ao talude do manto resistente;
6. *Filtros Intermédios* – zona de transição entre o manto resistente e o núcleo, constituída por uma ou mais camadas de enrocamentos selecionados, de pesos iguais ou diferentes, destinada a evitar a saída de finos do núcleo e aumentar a porosidade do talude anterior;
7. *Núcleo* – zona de enchimento, localizada no interior do quebramar, constituída geralmente por enrocamento denominado “Todo o Tamanho” (T.O.T). A sua função passa por atenuar a transmissão de onda, e sustentar os pesos dos mantos e filtros intermédios e proporcionar estabilidade geotécnica;
8. *Talude Anterior* – zona do quebramar que resiste diretamente à ação das ondas provenientes do largo (barlamar);
9. *Talude Posterior* – zona do quebramar do lado interior, ou seja, da área abrigada (sotamar).

2.3.1 Risberma

Como anteriormente citado, a função da risberma é sustentar o manto resistente e prevenir danos resultantes da ação das correntes. Geralmente, as risbermas são construídas por enrocamento, embora a utilização de blocos de betão também seja viável.

Porém, e de acordo com a Figura 2.5, o “*Coastal Engineering Manual*” (USACE, 2006) indica soluções distintas para as risbermas, consoante a profundidade a que se encontram.

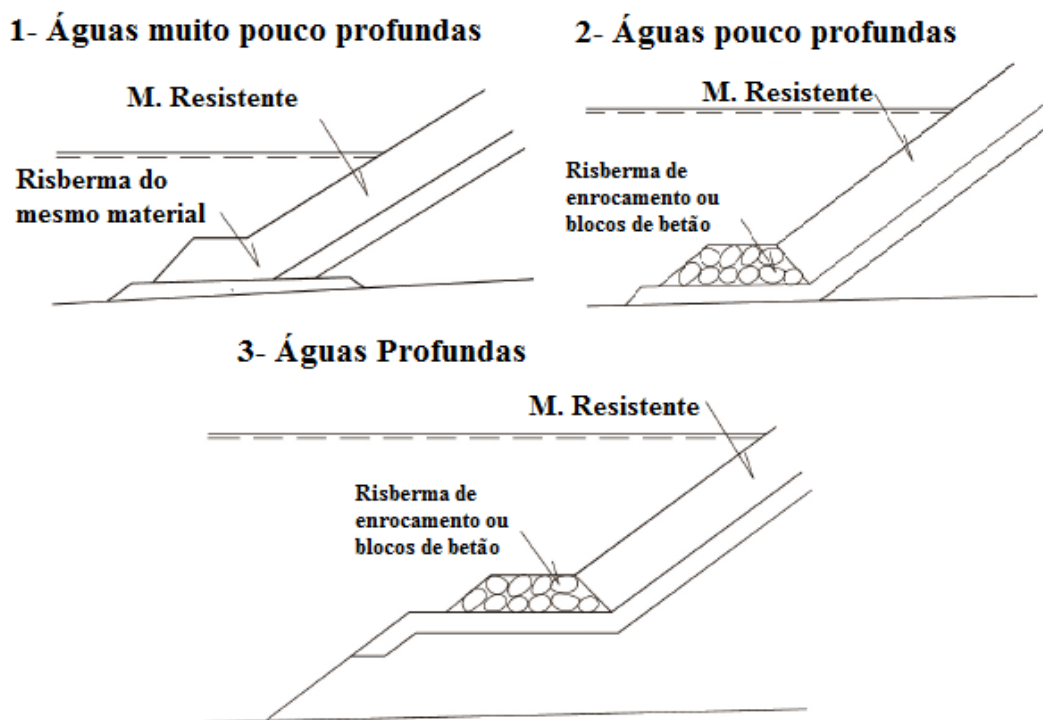


Figura 2.5 – Soluções típicas para risberma em quebra-mares de taludes (Adaptado de USACE, 2006).

Como a solicitação da rebentação sobre o manto diminui com a profundidade, a partir de certa cota a estrutura pode ser aligeirada (PITA, 1986). Nessas condições, a parte mais baixa do manto resistente deve ser apoiada por um prisma de pé de talude, composto por enrocamento ou blocos de betão, 2 e 3 da Figura 2.5.

Nos casos onde a altura de onda seja limitada pela profundidade, a proteção do pé do talude pode ser garantida pela colocação de uma ou duas camadas dos mesmos elementos do manto

resistente, 1 da Figura 2.5, ou então, a utilidade deste elemento pode ser dispensado em situações de profundidade baixa, em que o manto resistente deva atingir o fundo.

2.4 Materiais – Composição do Manto Resistente

Os materiais utilizados nas obras marítimas são determinantes para o respetivo sucesso e longevidade das estruturas projetadas. As propriedades físicas, a durabilidade, a resistência, a flexibilidade, o custo associado, a disponibilidade de aquisição, os requisitos de manuseamento bem como a manutenção e os impactos ambientais que provocam são atributos preponderantes a ter em conta na escolha dos respetivos materiais.

Conforme descrito no “*Coastal Engineering Manual*” (USACE, 2006), o conhecimento do desempenho dos materiais em obras marítimas equivalentes, executadas anteriormente, revela-se um importante contributo na escolha do tipo de material a aplicar. Os materiais frequentemente utilizados em obras de proteção costeira são a rocha (enrocamento), o betão (cimento portland, ou betuminoso), o aço (e outros metais), a madeira, a terra e areia, e ainda os plásticos e geotêxteis.

No seguimento, serão expostos os dois tipos de elementos que constituem os mantos resistentes e respetivos materiais.

2.4.1 Enrocamento

Como referido anteriormente, a constituição do manto resistente dos quebramares é essencialmente composta por blocos de grandes dimensões, por material pétreo² ou por betão.

² Material pétreo – o mesmo que material rochoso, divide-se em três categorias (magmáticos, sedimentares e metamórficos).

Os blocos de enrocamento (Figura 2.6) são caracterizados por terem uma forma muito irregular. Por razões de ordem prática, é necessário que uma só dimensão caracterize o bloco, a denominada *dimensão característica*³, ou *diâmetro característico*.

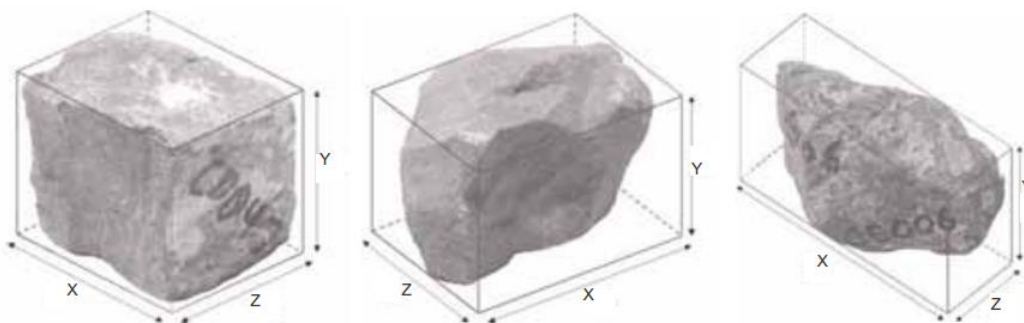


Figura 2.6 – Dimensões ortogonais do bloco (USACE, 2006).

A utilização de rocha para a construção de obras costeiras, nomeadamente nos quebramares, apresenta vários benefícios quando comparada com outros materiais. De seguida, destacam-se essas características que abonam a favor deste material (CIRIA *et al.*, 2007):

1. *Durabilidade* – a utilização de rocha de qualidade é considerada dos melhores materiais para resistir ao atrito e desgaste provocados pela ação da agitação marítima;
2. *Flexibilidade* – o material rochoso adapta-se com facilidade a modificações e condições ambientais;
3. *Absorção da agitação* – dadas as suas características físicas (porosidade), o material rochoso permite que seja refletida uma menor percentagem da energia da onda incidente, reduzindo os efeitos destrutivos na estrutura de defesa;
4. *Impacte visual* – a utilização de material rochoso permite um melhor enquadramento paisagístico, minimizando o impacte visual;
5. *Custo* – na eventualidade de poder ser adquirido nas quantidades/qualidades pretendidas, nas imediações do local de construção, pode reduzir significativamente os custos da obra.

³ Dimensão característica – pode ser definida como a média de três dimensões ortogonais do bloco.

Do lado oposto, a grande limitação refere-se às dimensões do material rochoso. Note-se que no uso do enrocamento, as dimensões do material estão limitadas essencialmente pela disponibilidade dos recursos existentes (dificuldade em conseguir blocos com pesos elevados). Por norma, não excedem as 15 toneladas por unidade, todavia as distâncias ou a impossibilidade de extração e transporte destes materiais leva a que atualmente sejam cada vez mais utilizados blocos de betão.

2.4.2 Blocos Pré-Fabricados de Betão

A colocação de blocos pré-fabricados de betão no manto resistente, em alternativa ao enrocamento, constituiu um avanço fundamental na estabilidade hidráulica dos quebramares. O primeiro quebramar de taludes a ser construído com o manto resistente constituído por blocos artificiais de betão foi o de Argel, na costa Argelina, em 1839. Projetado pelo engenheiro francês M. Poirel, usaram-se nestes quebramares blocos paralelepípedicos de 22 toneladas, (USACE, 2006; PITA, 1986).

No entanto, a partir de meados do século XX, com a invenção do tetrápode, houve uma evolução notável neste ramo da Engenharia Hidráulica e, com o passar do tempo, as técnicas de dimensionamento foram melhoradas e novos tipos de blocos foram surgindo, melhorando as capacidades do manto resistente (PITA, 1986).

Atualmente, encontra-se disponível no mercado uma grande variedade de blocos artificiais de betão, muitos deles protegidos por patentes. Segundo PITA (1986), o aparecimento de um número tão elevado destes blocos deve-se sobretudo a duas razões:

1. Insatisfação com as características (hidráulicas e estruturais) dos tipos preexistentes;
2. Necessidade de pagamento de direitos de autor para a utilização de alguns desses modelos (geralmente, os que apresentavam melhores características), o que pode representar um encargo significativo no custo global, em especial nas obras de pequena envergadura.

Os blocos artificiais de betão pré-fabricados são presentemente os elementos mais utilizados na execução dos mantos de proteção dos quebramares portuários. Estes elementos existem de

variadíssimos tamanhos e formatos, sendo que alguns possuem padrões próprios de colocação no terreno.

Nas Figuras 2.7 e 2.8, está representado um grande leque de blocos artificiais de betão existentes, contudo poucos foram os blocos que conseguiram perpetuar muito tempo no ramo, pois constantemente surgiam versões atualizadas e mais eficazes que as suas antecessoras (PITA, 1986), e ainda, muitos dos casos expostos foram desenvolvidos apenas para uma única aplicação, nomeadamente no Japão e na Coreia, sendo seguidamente abandonada a sua fabricação (USACE, 2006).

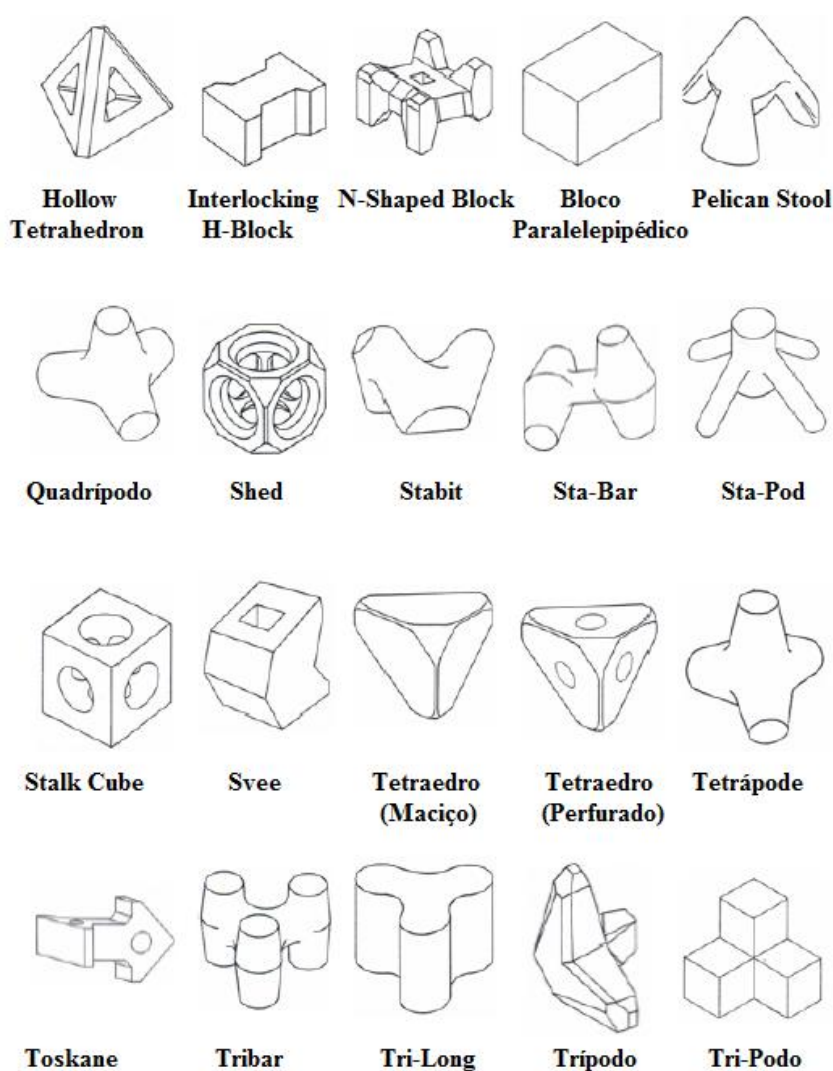


Figura 2.7 – Tipos de blocos artificiais de betão (I) (Adaptado de PITA, 1986).

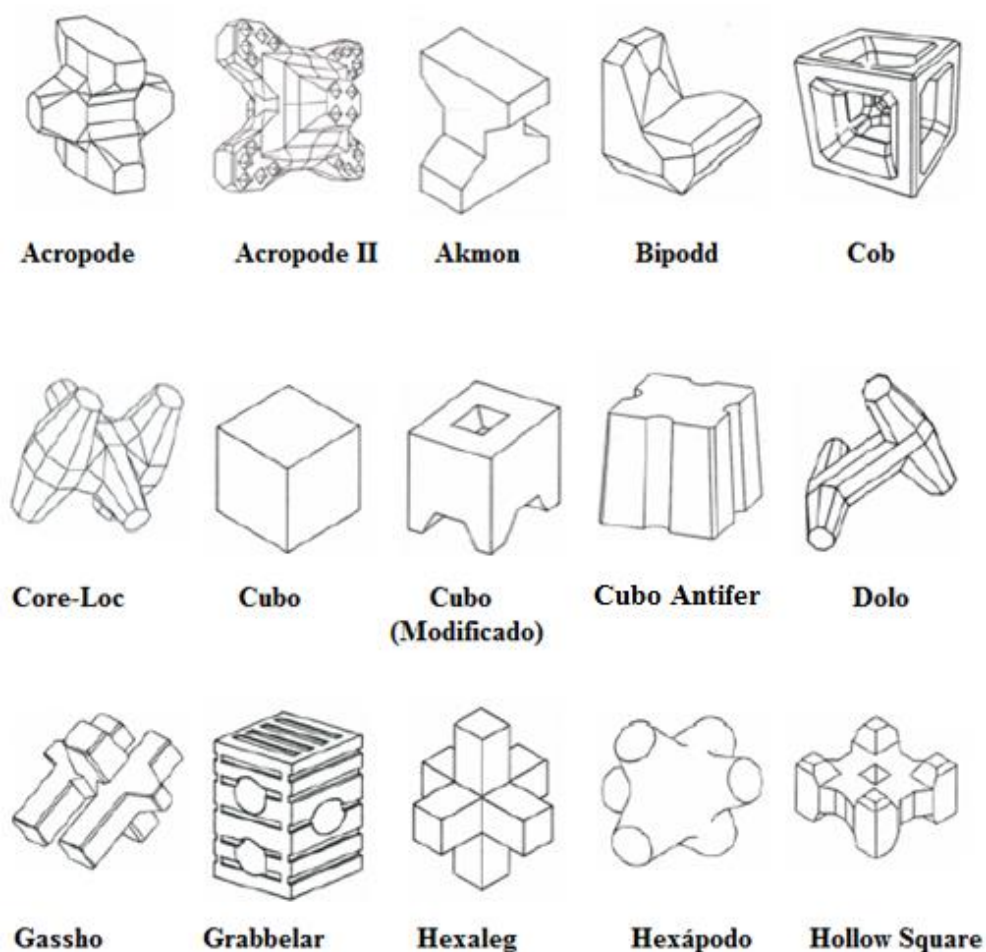


Figura 2.8 – Tipos de blocos artificiais de betão (II) (Adaptado de PITA, 1986).

De acordo com a bibliografia consultada (USACE, 2006), os vários tipos de blocos artificiais de betão que podem formar o manto resistente de um quebramar de taludes apresentam características muito diferentes. Neste contexto, os blocos podem ser classificados segundo a sua robustez, dividindo-se em vários grupos:

1. Maciços – (ex: Cubos, Cubos Antifer, etc);
2. Desajeitados – (ex: Accropod®, Core-Loc®, Haro®, etc);
3. Esbeltos – (ex: Tetrápodes, Dolos, etc);
4. Várias cavidades – (ex: Shed, Cob, etc).

Na Figura 2.9, são identificados alguns dos exemplos de blocos pertencentes a cada um destes grupos respetivamente.

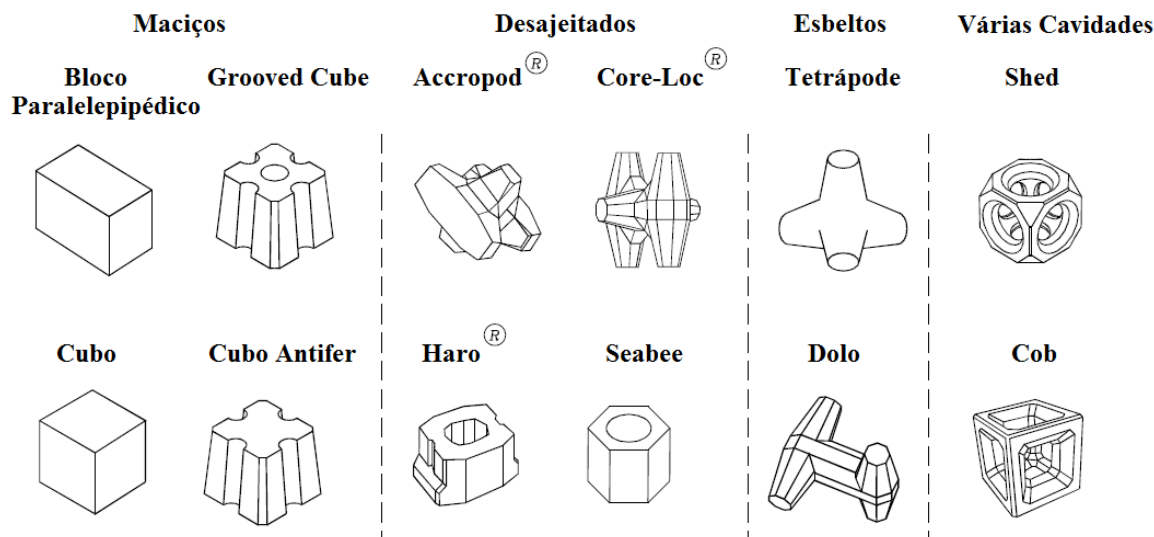


Figura 2.9 – Classificação dos blocos (Adaptado de USACE, 2006).

O emprego de blocos de betão simples, em detrimento do betão armado no manto resistente de quebramares de talude é frequente, o que se deve atribuir a duas causas principais:

1. Custo elevado das armaduras, comparativamente ao preço unitário do bloco efetuado apenas com betão;
2. O acréscimo de resistência que as armaduras poderiam conferir ao bloco é rapidamente anulado pela corrosão.

A existência de armadura nos blocos do manto resistente servirá, quando muito, para “retardar” a rotura desses blocos, porém uma vez mobilizada a armadura (devido a tensões de tração da peça) rapidamente se iniciará a corrosão.

Na RAM, os quebramares não apresentam grande variedade de tipologias de blocos artificiais de betão na proteção dos mantos dos quebramares de talude. Assim, a presente dissertação dará ênfase à construção dos mantos resistentes nas estruturas de quebramares portuários, constituídos por blocos pré-fabricados de betão, particularmente os Tetrápodes e pelos Cubos “Antifer”, por serem os blocos aplicados na região em estudo.

2.4.2.1 Tetrápode

O tetrápode (Figura 2.10) foi desenvolvido em França, em 1950, pelo Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique e, desde então, foi largamente difundido por todo o mundo. Foi o primeiro bloco a dispor de uma forma não retangular, conseguindo conjugar três características fundamentais: permeabilidade, rugosidade e resistência (FABIÃO, 2012), para além de ser de fácil fabricação e colocação. Daí a sua utilização ser tão frequente na construção de mantos resistentes de obras de defesa costeira. Esquemáticamente, o tetrápode (Figura 2.10) pode ser descrito como constituído por quatro pernas tronco-cónicas irradiando de um ponto central. (PITA, 1986).

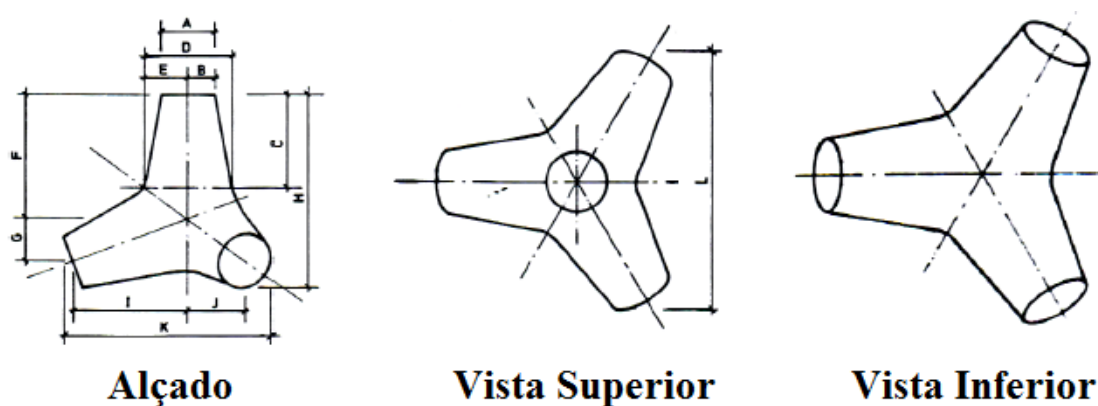


Figura 2.10 – Representação do Tetrápode (Adaptado de CRUZ, 2008).

No Quadro 2.2 são apresentadas todas as dimensões do bloco, em função da altura, H.

Quadro 2.2 – Características geométricas do Tetrápode (PITA, 1986).

$V= 0,280 H^3$	$F= 0,644 H$
$A= 0,302 H$	$G= 0,215 H$
$B= 0,151 H$	$I= 0,606 H$
$C= 0,477 H$	$J= 0,303 H$
$D= 0,470 H$	$K= 1,091 H$
$E= 0,235 H$	$L= 1,201 H$

Normalmente, este tipo de blocos é disposto em camada dupla. A configuração do tetrápode viabiliza a capacidade de interligação entre blocos, o que permite usufruir de capacidade de

imbricamento e a resistência estrutural, associada ao peso próprio (FABIÃO, 2012). Por sua vez, a permeabilidade dos mantos resistentes constituídos por tetrápodes permite aumentar a absorção da onda incidente, reduzindo o galgamento e a reflexão, enquanto a sua rugosidade promove a dissipação da onda incidente.

Não obstante, como a estabilidade dos mantos formados por tetrápodes passa pela capacidade dos blocos para se interligarem, este tipo de elemento revela algumas limitações. Citando (PITA, 1986), este refere que foi constatado que os tetrápodes apresentavam um mau comportamento hidráulico quando usados em cabeças dos quebramares. Outros autores não só apontam o desgaste como a fratura frequente destes blocos, provocada pelo movimento das unidades da camada superior (CIRIA *et al.*, 2007).

No caso da RAM, o tetrápode pode ser observado em vários locais, são os exemplos as Figuras 2.11 e 2.12.



Figura 2.11 – Manto resistente do Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Naufragos (Santa Cruz).



Figura 2.12 – Manto resistente do Cais Acostável de Santa Cruz.

O anexo D, advém da visita à obra da proteção marítima da cidade do Funchal, onde foi possível observar o processo de pré-fabricação de blocos artificiais de betão, nomeadamente os tetrápodes.

2.4.2.2 Cubo Modificado “Antifer”

Surgem nos finais da década de 60, na sequência de várias falhas de outros blocos, como o caso dos “dolos”, falhas essas originadas pela utilização de blocos esbeltos cada vez mais pesados, fazendo com que proporcionalmente a sua resistência estrutural reduzisse. Desta forma, havia a necessidade de construir blocos pesados, porém robustos, isto é, blocos que não se revelassem tão frágeis face às solicitações da agitação marítima, garantindo assim uma resistência estrutural mais eficiente (PINTO, 2000).

O bloco cúbico “Antifer” foi empregue pela primeira vez no quebramar do Porto de *Antifer*, perto de Havre (França), onde se usaram blocos com pesos de 12 e 24 toneladas (PITA, 1986).

O bloco cúbico “Antifer” apresenta uma configuração de tronco de pirâmide quadrangular, com ranhuras verticais em cada uma das suas faces laterais, Figura 2.13. Este bloco é dos blocos artificiais que mais robustez garante ao quebramar, ou seja, é o mais indicado para estruturas

que terão que enfrentar ondas de elevada altura. É regularmente colocado na parte central da estrutura e rodeado por outro tipo de blocos de menores dimensões.

Em Portugal Continental e nas ilhas, devido às fortes ondas, são necessários blocos de elevada robustez e resistência mecânica, sendo por isso frequente a utilização deste tipo de blocos.

Existem vários tipos de cubos modificados (ex: “Stalk Cube”, “Cubo Modificado”, “Grabbelar”), contudo aquele que mais aplicação tem tido é o bloco cúbico “Antifer”, Figura 2.13.

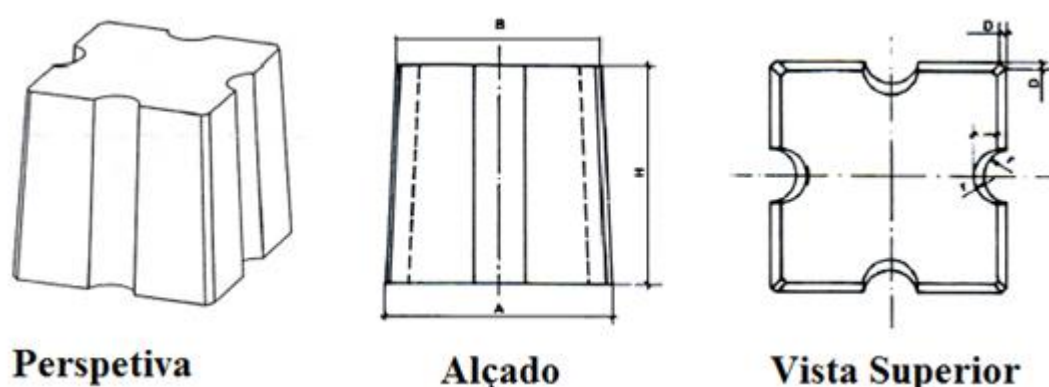


Figura 2.13 – Representação do bloco cúbico “Antifer” (Adaptado de CRUZ, 2008).

Em termos de características geométricas, o Quadro 2.3 resume as principais dimensões em função da altura do bloco, H.

Quadro 2.3 - Características geométricas do cubo “Antifer” (PITA, 1986).

$V= 1,0247 H^3$	$C= 0,095 H$
$A= 1,086 H$	$D= 0,024 H$
$B= 1,005 H$	$E= 0,1215 H$

Na RAM, o Bloco cúbico “Antifer” pode ser observado em vários locais, são exemplos as Figuras 2.14 e 2.15.



Figura 2.14 – Manto resistente do Porto de Abrigo do Porto Moniz.



Figura 2.15 – Manto resistente do Porto de Machico.

2.5 Ações

De forma sucinta, neste ponto serão descritas as ações que atuam sobre um quebramar ao longo do seu período de vida útil. As ações que solicitam as estruturas são originadas devido a fenômenos de hidrodinâmica marítima. Os tipos de ondas (fenômeno que mais influência a agitação marítima) que atuam diretamente sobre um quebramar podem ser provenientes da agitação marítima, correntes, marés, sismos ou tsunamis (PINTO, 2000). Por esta razão, os blocos do manto resistente devem estar devidamente dimensionados para enfrentarem de forma eficiente todo o tipo de adversidade marítima, porém esta afirmação tem associado por base um limite de resistência, dado que os quebramares são dimensionados para admitirem determinados níveis de estragos durante a sua vida útil; caso contrário, resultariam em dimensões e custos exorbitantes, tanto de construção como de manutenção.

A batimetria (topografia dos fundos) é igualmente importante e poderá desempenhar um papel fundamental na direção e/ou intensidade com que a agitação atinge a estrutura.

2.5.1 Agitação Marítima

Segundo (PINTO e NEVES, 2003), agitação marítima é a ação que diretamente mais afeta a estabilidade das estruturas, devido à sua severidade, podendo provocar a queda, deslocamentos, ou mesmo levar à rotura dos blocos que compõem o manto resistente e, conseqüentemente, a acontecimentos extremos, conduzindo à ruína da estrutura. Por estes motivos, a determinação da altura de onda de projeto constitui um parâmetro fundamental no cálculo da estabilidade do manto resistente dos quebramares.

Citado por PEREIRA (2008), a agitação marítima gerada pelo vento depende de vários fatores, do qual fazem parte a duração ou persistência do vento, a velocidade ou intensidade, a direção dominante e o comprimento da zona de formação da tempestade (*fetch*), Figura 2.16.

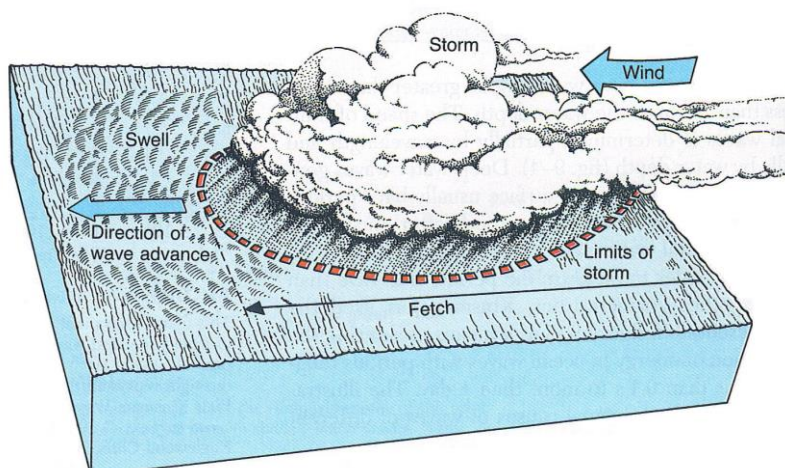


Figura 2.16 – Zona de geração da ondulação (Fonte:<http://web.lettras.up.pt/asaraujo/seminario/>

[Aula3.htm#_ftn1](#)).

A agitação regular caracteriza-se por apresentar ondas com características uniformes e bidimensionais, apresentando uma forma sinusoidal, com altura, período e direção constantes, contudo não é a mais adequada para simular um evento temporal, visto que não reflete o que ocorre na realidade.

A agitação marítima é um fenómeno complexo. Sendo uma ação física irregular deve ser encarada num conceito dinâmico. Deste modo, a agitação irregular procura descrever de forma mais realista as características aleatórias tridimensionais da agitação, considerando, portanto, a superfície livre do mar como um conjunto de ondas de característica aleatórias. Parâmetros como a altura da onda, o período ou a direção são considerados como grandezas estatísticas, uma vez que a superfície do mar é considerada como sendo constituída por ondas de variadas alturas e períodos, movendo-se em várias direções (Figura 2.17). No entanto, esta análise só é possível quando estão disponíveis dados em quantidade e qualidade suficientes e, apesar de mais representativa da realidade, vem aumentar a complexidade das análises (PINTO e NEVES, 2003).

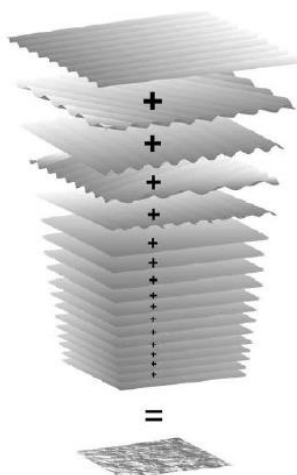


Figura 2.17 – Agitação irregular (FREITAS, 2013).

Apesar de não ser objeto de estudo desta dissertação, será apresentada uma descrição sumária dos vários fenómenos de propagação a que a agitação se encontra sujeita à medida que se aproxima da linha de costa, nomeadamente os que interagem com quebramares, designados por fenómenos de interação.

2.5.1.1 Empolamento

O empolamento é um fenómeno que resulta sempre que as ondas se propagam sobre fundos de profundidade decrescente, cuja consequência resulta na diminuição do seu comprimento, devido à redução da velocidade, ao mesmo tempo que a altura da onda aumenta (Figura 2.18). É um fenómeno presente na propagação da agitação, que poderá manifestar-se isoladamente ou em simultâneo com outros fenómenos (CRUZ, 2008).

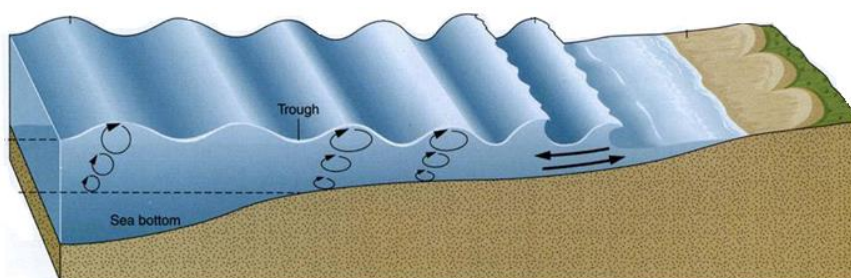


Figura 2.18 – Empolamento (Fonte: www.ericbeiers.com).

2.5.1.2 Difração

O fenómeno da difração pode ser definido como a interrupção da propagação normal de um conjunto de ondas por um obstáculo, permitindo que a ondulação entre nos portos e por detrás de barreiras. Este efeito consiste num transporte de energia lateral ao longo das cristas, no sentido das zonas abrigadas com alturas de ondas menores (PEREIRA, 2008).

O fenómeno da difração e da refração ocorrem normalmente em simultâneo, o que se revela de particular interesse no caso de um quebramar, quando a sotamar se realizam operações portuárias (Figura 2.19). A agitação tende a encurvar em torno da cabeça da estrutura, podendo criar alguma instabilidade à acostagem ou permanência das embarcações no cais.

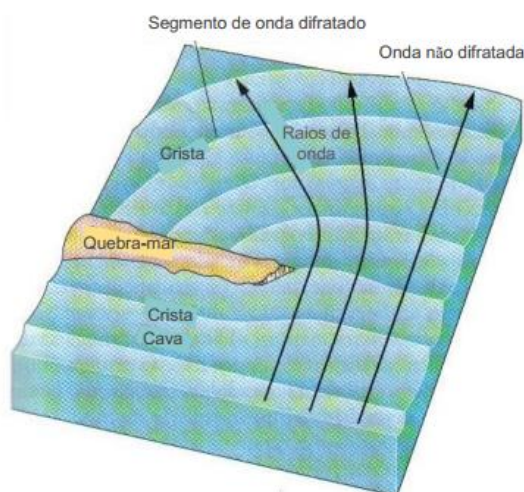


Figura 2.19 – Representação do fenómeno de difração de ondas.

2.5.1.3 Refração

A refração das ondas ocorre devido às alterações na velocidade de propagação, causadas pela variação da profundidade. Os vários pontos da crista das ondas, à medida que se aproximam da costa, ocupam diferentes profundidades, de acordo com o relevo existente no local. Deste modo, os troços da crista deslocam-se mais depressa quanto maior for a profundidade e mais devagar em águas menos profundas. Tal fenómeno faz com que a crista da onda tenda a encurvar-se, “procurando” o alinhamento com os contornos do fundo, ou seja, a crista da onda gira e procura deslocar-se paralelamente às batimétricas (PEREIRA, 2008).

A refração (Figura 2.20) pode causar a concentração ou espalhamento da energia da onda ao longo da costa. Isto pode ser observado pela convergência ou divergência dos raios de onda, que são linhas perpendiculares às cristas e que se deslocam no sentido do avanço da onda. A convergência, por sua vez, provoca a formação de cabos enquanto a divergência de energia origina as baías.

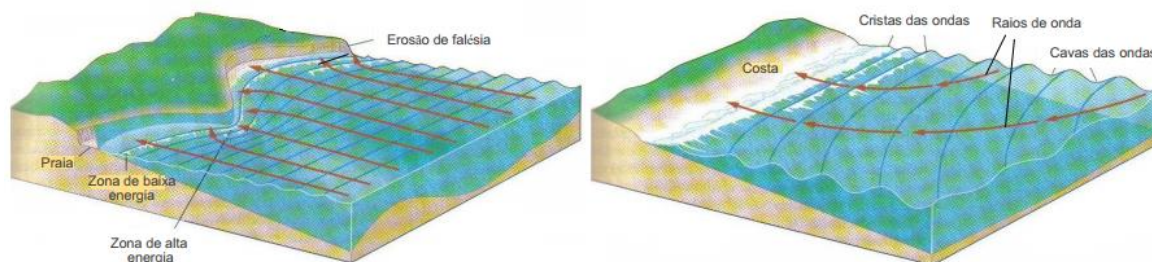


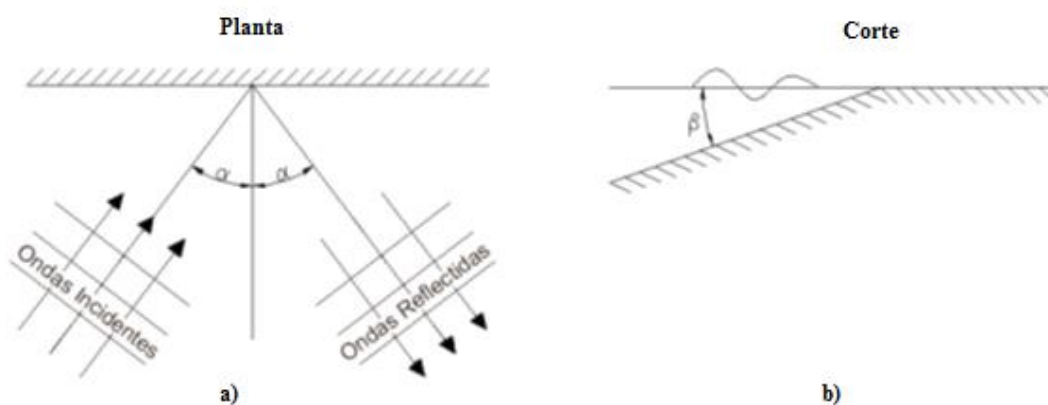
Figura 2.20 – Representação do fenômeno de refração das ondas.

2.5.1.4 Reflexão

O fenômeno da reflexão ocorre quando uma onda retorna ao meio de origem, após a incidência com um obstáculo. Nem toda a energia das ondas é consumida quando estas alcançam a linha de costa. No caso de uma parede vertical, tal como um molhe, pode refletir a ondulação de volta para o oceano, com pouca perda de energia (Figura 2.21). A reflexão das ondas nas barreiras costeiras ocorre segundo um ângulo igual ao ângulo de incidência.

Nas condições de ondas perpendiculares ao obstáculo, a reflexão produz ondas estacionárias (Figura 2.22). Estas resultam de duas ondas do mesmo comprimento que se movimentam em direções opostas. As partículas continuam a mover-se na horizontal e na vertical, mas não existe o movimento circular que se vê numa onda progressiva. Estas ondas são caracterizadas pela existência de linhas ao longo das quais não existe movimento vertical (linhas nodais). Nos antinodos, verifica-se uma alternância entre subidas e descidas e a movimentação é inteiramente vertical.

A altura da onda estacionária teoricamente pode atingir o dobro da altura da onda incidente quando ocorre a reflexão total, o que se pode traduzir em problemas na estabilidade das embarcações junto aos cais de acostagem (PEREIRA, 2008).



Figura

2.21 – Fenómeno de reflexão das ondas com profundidade constante (a) e num plano inclinado (b), (Adaptado de LOPES, 2005).

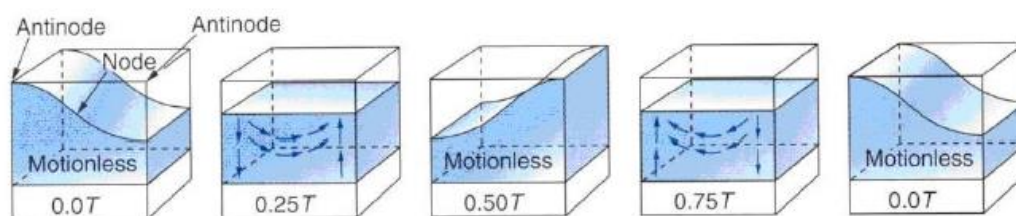


Figura 2.22 – Ondas estacionárias (Fonte: http://web.letras.up.pt/asaraujo/seminario/Aula3.htm#_ftn1).

2.5.1.5 Rebentação

A rebentação ocorre pela interação de dois fenómenos; a zona da crista assume uma posição vertical e, posteriormente, as velocidades das partículas em posição de crista excedem a celeridade da onda. Os tipos de rebentação mais comuns são:

1. *Rebentação mergulhante* – é típica em planos com declives médios e caracteriza-se pela queda abrupta da crista em voluta sobre a cava precedente (Figura 2.23);

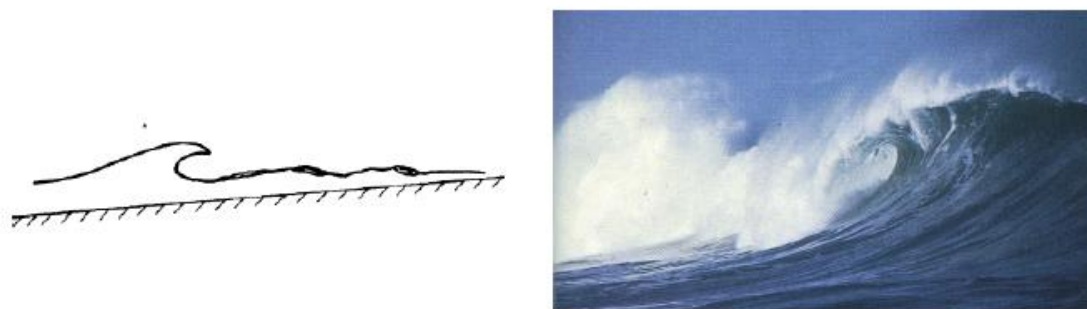


Figura 2.23 – Rebentação mergulhante (Adaptado de CRUZ, 2008).

2. *Rebentação progressiva* – é típica de planos com declive fraco e caracteriza-se pelo enrolar da crista da onda sobre a cava (Figura 2.24);



Figura 2.24 – Rebentação progressiva (Adaptado de CRUZ, 2008).

3. *Rebentação de fundo (ou oscilatória)* – é típica de planos com declive acentuado e caracteriza-se pelo espriamento da onda sobre o talude, sem que ocorra rebentação (Figura 2.25).

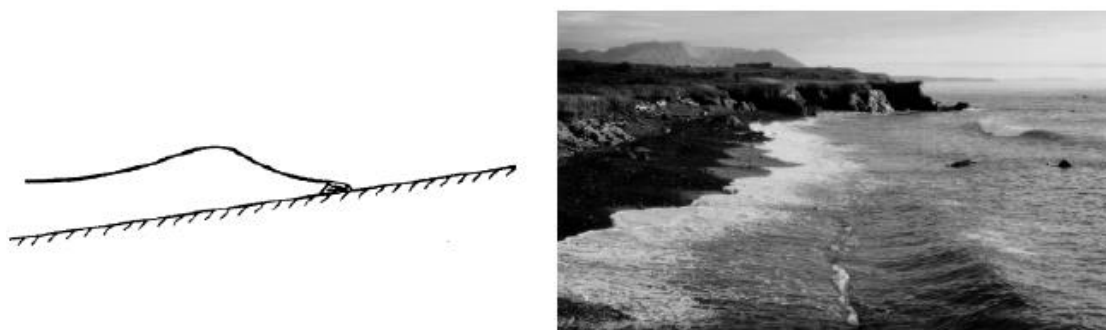


Figura 2.25 – Rebentação de fundo (Adaptado de CRUZ, 2008).

Estes factos são de extrema relevância para estruturas sujeitas à rebentação das ondas marítimas, como é o caso dos quebramares. A onda de maior altura que interage com a estrutura portuária não depende da profundidade onde foi gerada, mas sim da profundidade à frente da estrutura.

Dentro das tipologias apresentadas, a mais importante do ponto de vista das estruturas portuárias é a rebentação mergulhante. A onda com este tipo de rebentação origina fenómenos de turbulência muito intensos e solicitações dinâmicas muito fortes, sendo responsável muitas vezes pelas infraescavações originadas nas bermas dos taludes dos quebramares.

O critério de rebentação vulgarmente utilizado corresponde à relação $H/d=0.78$, sendo H a altura de onda máxima e d a profundidade (GOMES, 1981).

2.5.1.6 Espraiamento e Refluxo

Designa-se por espraiamento a cota máxima atingida em relação ao nível médio das águas por uma onda marítima, quando interage com um talude de uma praia ou estrutura costeira. (Figura 2.26).

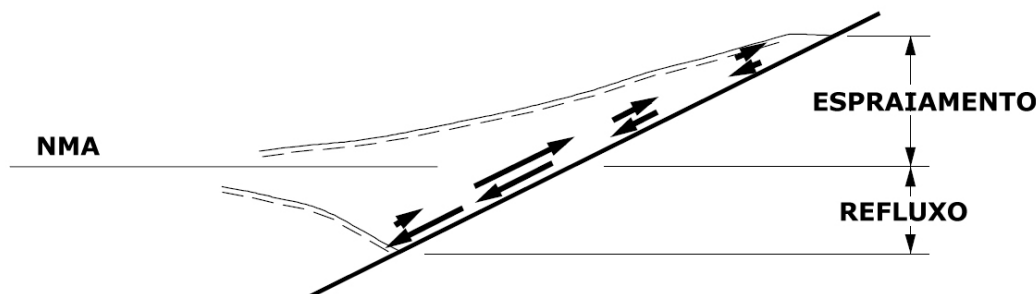


Figura 2.26 – Fenómeno de espraiamento e refluxo da agitação (LOPES, 2005).

Como mostra na Figura 2.26, o refluxo é a cota mais baixa atingida na interação da ondulação com a estrutura. Este valor poderá tomar um valor positivo ou negativo em relação ao nível de repouso inicial, posteriormente ao espraiamento, e a água poderá possuir energia que lhe permita descer abaixo do seu nível médio (CRUZ, 2008).

O refluxo é um dos fenómenos responsáveis pelo deslocamento de blocos dos mantos resistentes de estruturas de defesa costeira, como é o caso dos quebramares.

Em suma, o estudo dos fenómenos de empolamento, difração, refração, reflexão, rebentação, espraiamento e refluxo através da análise das condições de propagação das ondas para a costa possibilita a determinação das características locais da agitação marítima de um dado local.

2.5.2 Correntes

As correntes oceânicas podem agrupar-se de acordo com a fonte de energia que está na sua origem, em correntes induzidas pela ação do vento, correntes termohalinas e correntes de maré ou astronómicas. No que concerne às primeiras, como a própria denominação indica, a sua génese resulta da ação do vento, enquanto as segundas têm como principal fonte de energia o Sol, porém sendo o Sol a principal fonte de energia no processo de formação dos ventos atmosféricos, pode afirmar-se que o Sol é a principal fonte de energia na formação das correntes oceânicas induzidas pelo vento e nas correntes termohalinas. As correntes de maré são induzidas pelas forças gravíticas astronómicas (incluindo o Sol), desempenhando a Lua uma ação preponderante (LOUSADA, 2012).

2.5.2.1 Correntes Induzidas Pelo Vento

A ação dos ventos sobre o oceano resulta na formação de correntes giratórias no sentido horário no Hemisfério Norte e em sentido anti-horário no Hemisfério Sul. As características geométricas das diferentes bacias oceânicas e a variabilidade do vento nos diferentes oceanos conduzem aos giros de correntes apresentados na Figura 2.27.

A forma como se produzem estes tipos de correntes é mais complexa do que a simples consideração de que elas resultam do atrito entre o vento e água na superfície do oceano, no entanto constata-se que as correntes que se verificam a Oeste nas bacias oceânicas são mais intensas e profundas do que as correntes de Este. Estas variações derivam do efeito da rotação da Terra (LOUSADA, 2012).

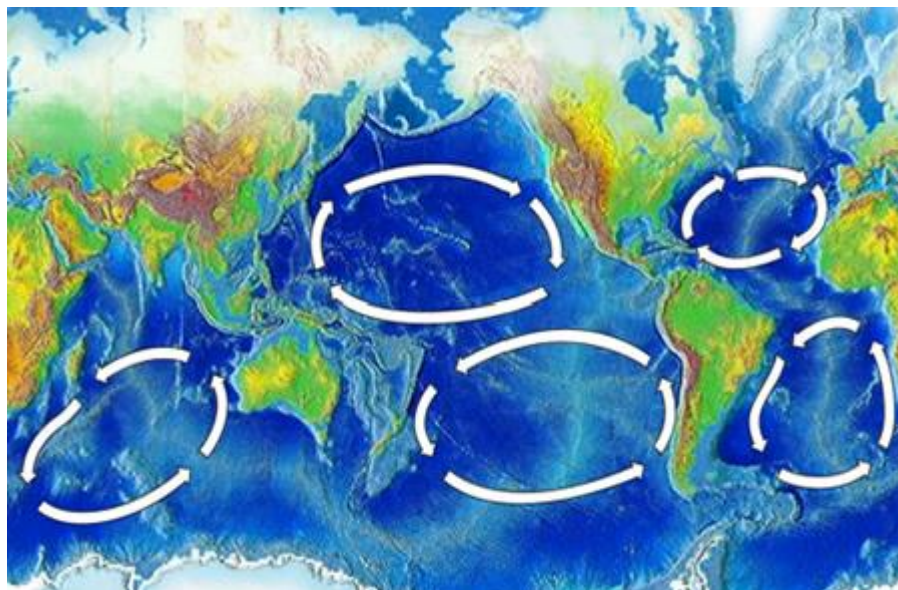


Figura 2.27 – Esquemática das correntes oceânicas induzidas pelos ventos (Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Oceanic_gyres.png).

2.5.2.2 Correntes Termohalinas

As correntes termohalinas resultam do gradiente de massa volúmica nos oceanos que, por sua vez, depende da temperatura e da salinidade. Estas apresentam variações resultantes de processos que ocorrem nas camadas superficiais e que resultam de interações água-ar, tais como aquecimento solar, evaporação e diluição devido à ocorrência de precipitação (LOUSADA, 2012).

As massas de água, quando deslocadas das camadas superficiais, mantêm as suas características de temperatura e salinidade, sofrendo apenas alterações devido à ocorrência de mistura com outras massas de água. Na Figura 2.28, a imagem esquematiza o percurso das águas. Deste modo, as águas profundas e frias dos oceanos iniciam o seu movimento nos pólos ao passo que as águas das camadas de profundidade intermédia provêm de zonas localizadas em latitudes intermédias. Estes movimentos são caracterizados por baixas velocidades, o que implica que mesmo nas camadas menos profundas o tempo necessário para uma determinada massa de água voltar a incorporar a camada superficial seja elevado.

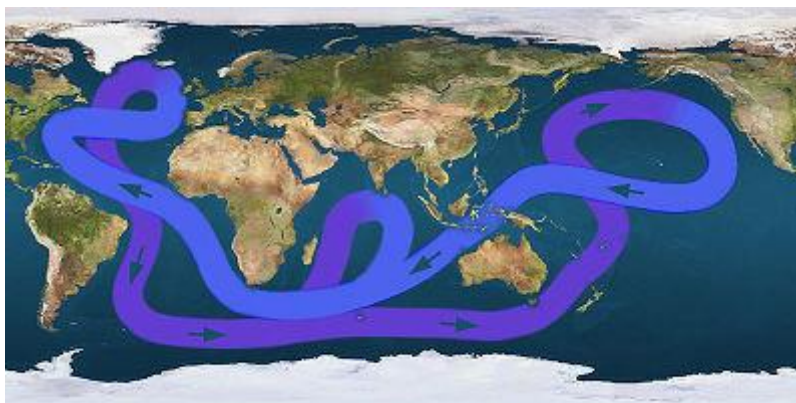


Figura 2.28 – Padrão de circulação termohalina global, azul claro: águas superficiais, roxo: águas profundas

(Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Circulacion_termohalina.jpg).

Nas estruturas portuárias, em particular no caso dos quebramares, as correntes podem originar infraescavações, se os fundos forem de areia, e podem contribuir para a deterioração dos materiais dos blocos.

2.5.3 Marés

Por maré astronómica, ou simplesmente maré, entende-se a oscilação (subida e descida) periódica do nível das águas do mar e de outros corpos de água ligados ao oceano, devido às ações atrativas da Lua e do Sol.

2.5.3.1 Origem das Marés

Em termos absolutos, todos os astros (e em particular os do nosso sistema solar) exercem sobre o planeta Terra a sua influência, no entanto é à Lua e ao Sol que se deve a maior contribuição, sendo lícito e usual desprezar a contribuição dos restantes. De acordo com a terceira Lei de Newton, cada um deles exerce sobre a Terra uma atração proporcional ao produto das suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa (Eq. 2.1).

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad (2.1)$$

em que:

- G – Constante de atração gravitacional universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$);
- M – Massa da Terra;
- m – Massa do astro ao qual está a ser executado o cálculo (Lua ou Sol);
- r – é a distância média entre o centro da Terra e o centro do respetivo astro.

Como a Lua é o astro relevante mais próximo da Terra, e como o Sol tem uma massa muito elevada, são estes os astros que, de forma dominante, provocam deformações gravíticas na superfície terrestre, principalmente nas superfícies hídricas (devido à baixa viscosidade da água). Apesar de o Sol ter uma massa muito superior à da Lua (Sol: $1,9891 \times 10^{30}$ kg; Lua: $7,349 \times 10^{22}$ kg), como esta está muito mais próxima da Terra (apenas a $384,4 \times 10^3$ km em média, enquanto que a distância média ao Sol é de 150×10^6 km) Figura 2.29, é a Lua a principal geradora das marés terrestres. A atração exercida pelo Sol é aproximadamente metade (46 %) da exercida pela Lua (APRH, 2013).

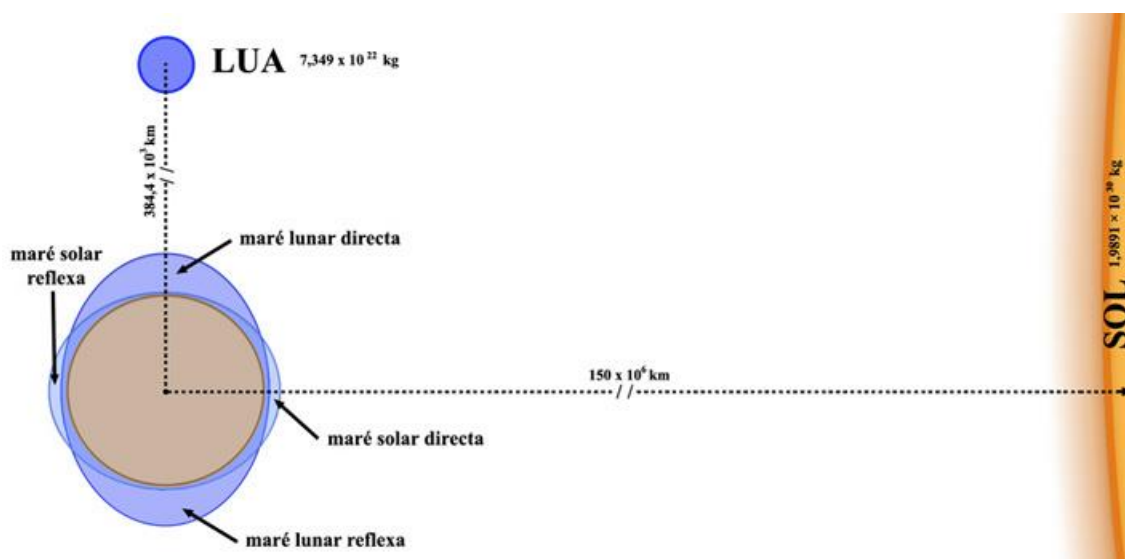


Figura 2.29 – Representação esquemática da posição Terra – Lua – Sol (Fonte:

<http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>).

Na Figura 2.29, é notório que a deformação ocorrida na zona da Terra mais próxima do astro que provoca essa deformação se designa por maré direta. Esta tem que ser compensada por uma deformação análoga na região oposta da Terra, denominada maré reflexa, devido a questões de equilíbrio.

O efeito conjunto da Lua e do Sol sobre a Terra é distinto, consoante o posicionamento destes três elementos sobre o mesmo alinhamento, ou se o alinhamento Terra-Lua for normal ao alinhamento Terra-Sol. No caso em que o Sol, a Lua e a Terra estão sobre o mesmo alinhamento, correspondendo esta situação à ocorrência de Lua Nova ou Lua Cheia, originam-se quinzenalmente marés de máxima amplitude, designadas por marés vivas. Na situação em que o alinhamento da Lua com a Terra faz um ângulo reto com a linha que une o Sol e a Terra, correspondendo à ocorrência de Quarto Crescente ou Quarto Minguante, originam-se também quinzenalmente marés de mínima amplitude, designadas por marés mortas.

2.5.3.2 Regimes de Marés

Como anteriormente referido, as marés têm origem em efeitos gravitacionais da Lua e do Sol, aos quais podem associar-se efeitos locais, devido à morfologia da costa (heterogeneidade da batimetria oceânica), e as amplitudes e fases de cada componente de maré. Tal facto resulta da existência de diferentes regimes de marés, existindo assim três regimes de marés (Figura 2.30):

1. *Semi-diurnas* – Quando ocorrem duas preia-mares e duas baixa-mares por dia;
2. *Diurnas* – Uma preia-mar e uma baixa-mar por dia;
3. *Intermédias ou mistas* – Quando se verifica uma periodicidade irregular.

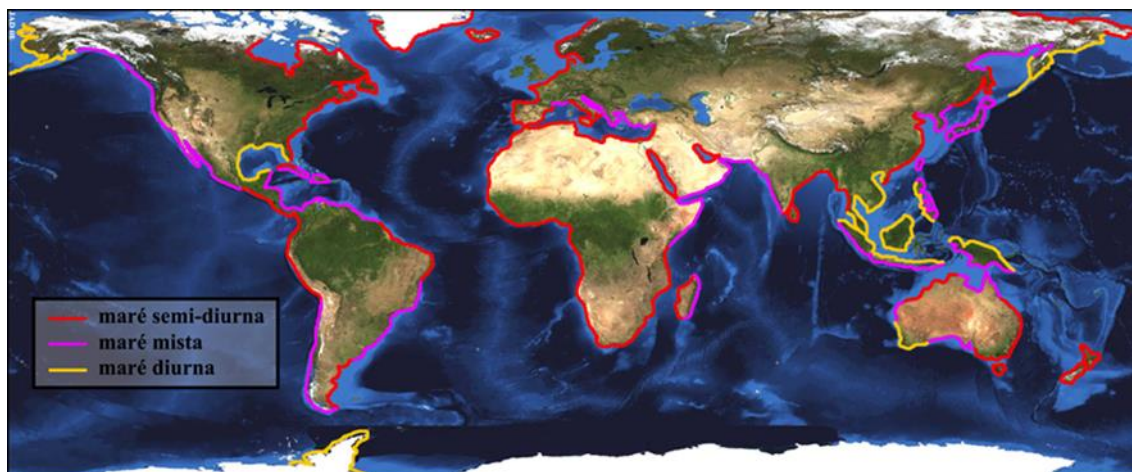


Figura 2.30 – Distribuição dos vários regimes de maré pelo mundo

(Fonte:<http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>).

Em Portugal, a previsão das marés é efetuada pelo Instituto Hidrográfico (IH), órgão da Marinha Portuguesa, criado pelo Decreto-Lei n.º 43177, de 22 de setembro de 1960.

As marés podem ser definidas de acordo com um porto de referência, existindo posteriormente tabelas de concordância de marés que permitem o conhecimento convertido da altura de maré e a hora em que ocorre (CRUZ, 2008).

As marés não afetam diretamente a estabilidade das estruturas, dada a lentidão da variação da cota da superfície livre, no entanto as correntes que provocam podem originar infraescavações, no caso de os fundos serem compostos por areia (PITA, 1986).

Esta temática assume um papel importante, tanto na elaboração de projetos de obras portuárias como na fase de construção das mesmas. Em obra, a consulta das tabelas de marés permite saber a cota do nível de superfície do mar em relação a um dado referencial, por exemplo ZH, permitindo programar a realização ou evolução de determinados trabalhos, que convém serem realizados em baixa-mar.

2.5.4 Sismos e Tsunamis

Os tsunamis ou maremotos são fenómenos imprevisíveis e de frequência reduzida. As ondas resultantes são causadas por distúrbios sísmicos ou por deslizamentos de sedimentos em taludes costeiros devido a instabilidades gravitacionais.

No que aos sismos e tsunamis diz respeito, estes não são muito frequentes no Oceano Atlântico e não se conhecem acidentes provocados pelos mesmos em quebramares de taludes (PINTO, 2000).

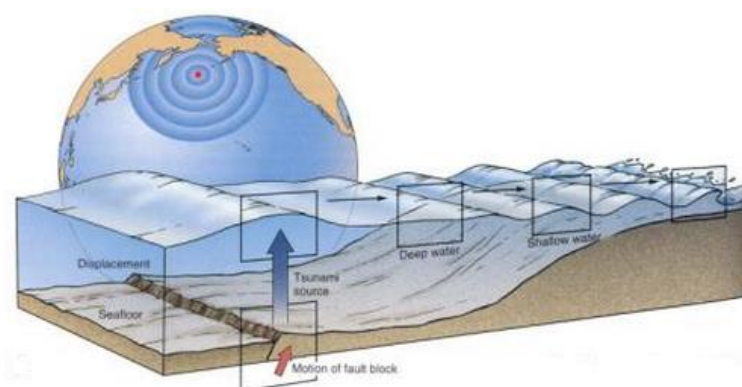


Figura 2.31 – Gênese de um tsunami (Fonte: <http://web.letras.up.pt>).

2.6 Métodos de Dimensionamento

Segundo PITA (1986), o dimensionamento de um quebramar possui duas fases distintas:

1. *Dimensionamento hidráulico* – definem-se a implantação, o comprimento da obra e a cota de coroamento, necessários para se alcançar o abrigo pretendido.
2. *Dimensionamento estrutural* – são definidas a geometria do perfil da estrutura e os pesos dos blocos (de enrocamento ou de betão), necessários para resistir à ação de projeto.

No que respeita ao pré-dimensionamento de quebramares de taludes, em especial ao seu manto resistente, a utilização de fórmulas empíricas ou semi-empíricas são o método mais utilizado nesta fase de projeto, dada a sua facilidade de utilização. Estas permitem estimar o peso dos

blocos que o constituem, os quais deverão resistir às ações atuantes, nomeadamente a agitação marítima.

A principal desvantagem destas formulações deve-se ao facto de estarem limitadas a estruturas de geometrias simples e a condições específicas de agitação e níveis de maré para que foram desenvolvidas.

A primeira fórmula de dimensionamento dos blocos do manto resistente surgiu em 1933, proposta pelo espanhol Castro. Poucos anos mais tarde, em 1938 Iribarren formulou uma expressão de cálculo do peso dos blocos com a qual conseguiu adquirir aceitação geral (PITA, 1986).

Em meados do século XX, o aparecimento de novos blocos (referido no ponto 2.4.2) traduz-se igualmente no aparecimento de novas fórmulas (Figura 2.32). No entanto, de todas estas fórmulas, a única que teve aceitação geral (a par da de Iribarren) foi a fórmula de Hudson (1958), sendo ainda hoje a utilizada por parte dos projetistas (PITA, 1986).

Em 1988, surge a fórmula de Van der Meer. A grande evolução desta fórmula em comparação com as restantes deve-se ao facto de esta permitir a contabilização da ação irregular da agitação marítima, uma vez que derivou de ensaios com ondas irregulares e considera diferentes condições de rebentação e profundidades de água. (PINTO, 2000)

Como se pode verificar pela história, o aparecimento de novos blocos gerou a evolução dos métodos de cálculo, portanto o dimensionamento dos quebramares está intimamente ligado ao dimensionamento dos blocos. A cota de coroamento, a superestrutura e outros elementos são de extrema importância para o dimensionamento do quebramar, porém no que diz respeito à resistência do quebramar, o manto resistente assume-se como o elemento mais importante.

Em suma, de entre as várias fórmulas propostas para a determinação do peso dos blocos, as que tiveram maior aceitação foram a de Iribarren, a de Hudson e a de Van der Meer.

Autor	País	Ano	Fórmula
Castro	Espanha	1933	$W = \frac{0.704}{(\cot \beta + 1)^2 \cdot \cot \beta} \cdot \frac{2}{\gamma_r} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Iribarren	Espanha	1938	$W = \frac{K}{(\cos \beta - \sin \beta)^3} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Epstein e Tyrrel	E.U.A.	1949	$W = \frac{0.704}{(\mu - \tan \beta)^3} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Larras	França	1953	$W = \frac{K \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot H}{L}\right)}{\left(\frac{\text{sh} \frac{4 \cdot \pi \cdot Z}{L}}{L}\right)} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{(\cos \beta - \sin \beta)^3 \cdot \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Iribarren	Espanha	1953	$W = \frac{k'}{\mu(\cos \beta - \sin \beta)^3} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Hudson	E.U.A.	1958	$W = \frac{1}{K_D \cdot \cot \beta} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Hedar	Suécia	1965	$W = \frac{K \cdot K_1^3}{(\mu \cdot \cos \beta - \sin \beta)^3} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$
Metelicyna	U.R.S.S.	1967	$W = \frac{K \cdot K_S}{\cos^3(23^\circ + \beta)} \cdot \frac{H^3 \gamma_r}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3}$

Figura 2.32 – Fórmulas de dimensionamento do peso dos blocos a colocar no manto resistente (CRUZ, 2008)

2.6.1 Fórmula de Iribarren

Uma das fórmulas disponíveis para o cálculo do peso dos blocos do manto resistente é a fórmula de Iribarren.

A fórmula de Iribarren é expressa da seguinte forma, (PITA, 1986):

$$W_r = \frac{KH^3 \frac{\gamma_r}{\gamma_w}}{(\cos \alpha - \text{sen } \alpha)^3 \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3} \quad (2.2)$$

em que:

- H – Altura da onda incidente;
- γ_r – Peso específico do material que constitui o bloco;
- γ_w – Peso específico da água;
- K – Coeficiente, função do tipo de bloco;
- α – Ângulo do talude com a horizontal.

Na expressão anterior, o coeficiente K foi determinado por Iribarren com base na experiência dos quebramares de Orio (enrocamento de 3 toneladas e densidade 2,65, com talude de 1,3:1, onde $K= 0,0148 \text{ tf/m}^3$) e de Artha de Sam Juan de Luz (blocos de betão de 42 toneladas, de densidade 2,1, talude 5(H):1(V), onde $K= 0,0187 \text{ tf/m}^3$), tendo proposto os seguintes valores expressos no Quadro 2.4 (PITA, 1986).

Quadro 2.4 – Valores de K de acordo com o tipo de bloco (PITA, 1986).

Tipo de Bloco	K (tf/m³)
Blocos de enrocamento	0,015
Blocos de betão	0,019

Com o surgimento de novos tipos de blocos de betão, Iribarren verificou que a expressão utilizada até então necessitaria de adaptações, uma vez que a hipótese de considerar o coeficiente de atrito unitário introduzia grandes erros no cálculo do peso dos blocos.

De modo a contornar esta limitação, assim, em 1953, Iribarren propôs uma generalização da sua fórmula:

$$W_r = \frac{k'H^3 \frac{\gamma_r}{\gamma_w}}{\mu(\cos \alpha - \text{sen } \alpha)^3 \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3} \quad (2.3)$$

sendo μ (coeficiente de atrito entre os blocos), obtido através da equação (2.4), onde \emptyset representa o ângulo de atrito dos blocos.

$$\mu = \tan(\emptyset) \quad (2.4)$$

No Quadro 2.5, Iribarren propôs os seguintes valores para k' e μ .

Quadro 2.5 – Valores de k' e μ para a formula de Iribarren (Adaptado de PITA, 1986).

	k' (tf/m ³)*	μ
Enrocamentos	0,430	2,38
Blocos paralelepípedicos	0,430	2,84
Tetrápodes	0,656	3,47

*Coeficiente Empírico

2.6.2 Fórmula de Hudson

Hudson propõe uma das formulações para o cálculo do peso unitário dos blocos do manto resistente. De acordo com (USACE, 2006) e (CIRIA *et al.*, 2007), a formulação de Hudson traduz-se pelas seguintes expressões:

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \theta)^{1/3} \quad \text{ou} \quad M_{50} = \frac{\rho_s H^3}{K_D \left(\frac{\rho_r}{\rho_w} - 1\right)^3 \cot \theta} \quad (2.5)$$

sendo:

- D_{n50} – comprimento da aresta de um cubo de volume equivalente ao bloco;
- H – Altura de onda incidente de projeto;
- ρ_r – Massa volúmica do material dos blocos do manto resistente;
- ρ_w – Massa volúmica da água do mar;
- θ – Ângulo do talude com a horizontal;
- K_D – Coeficiente empírico de estabilidade;
- Δ – Densidade relativa ($\rho_r/\rho_w - 1$).

enquanto M_{50} é dado pela seguinte expressão:

$$M_{50} = \rho_r D_{n50}^3 \quad (2.6)$$

considerando que W corresponde ao peso unitário dos blocos constituintes do manto resistente (2.7), e γ_r e γ_w o peso volúmico do material e o peso volúmico da água do mar, respetivamente, obtém-se (2.8).

$$W = M_{50} g \quad (2.7)$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cot \theta} \quad (2.8)$$

A fórmula de Hudson é também habitualmente expressa em função do número de estabilidade de estrutura, N_s .

$$N_s > \frac{H_s}{\Delta D_n} \quad (2.9)$$

onde:

- D_n (parâmetro caracterizador da geometria dos blocos) representa o diâmetro nominal unitário dos blocos, também designado por dimensão equivalente do bloco, isto é, aresta de um cubo com o mesmo volume do bloco.

Embora a expressão (2.5) tenha sido baseada em métodos empíricos em ensaios monocromáticos (agitação regular), pode ser “estendido” a condições de agitação irregular, através da substituição de H (altura de onda característica) por H_s (altura de onda significativa) ou por $H_{1/10}$ (FRENS, 2007).

De igual modo, apesar de esta formulação ter sido produzida para mantos compostos por enrocamento, pode ser “ajustada” ao caso dos blocos artificiais de betão, com a alteração do valor D_{n50} por D_n e o valor de γ_r (peso volúmico do enrocamento) por γ_c (peso volúmico dos blocos de betão).

Na fórmula de Hudson, o coeficiente empírico de estabilidade K_D é um índice que depende de vários fatores, tais como características geométricas dos blocos, o material constituinte do bloco, o tipo de superfície, a capacidade de interligação entre blocos, o número de camadas do manto resistente, a localização do perfil, a zona onde se encontra, e a percentagem de blocos deslocados permitida (CRUZ, 2008).

Vários autores, após a realização de ensaios com diferentes tipos de blocos, obtiveram valores para este coeficiente, publicando-os em tabelas, disponíveis em diversa bibliografia, por exemplo (CIRIA *et al.*, 2007; PITA, 1986).

No Quadro 2.6 apresentam-se valores de coeficientes de estabilidade, K_D com valores que variam entre 1,6 e 8,0.

Quadro 2.6 – Coeficiente K_D da fórmula de Hudson (PITA, 1986).

TIPOS DE BLOCOS	K_D
TETRÁPODES	4,5 – 8,0
CUBOS	5,0 – 7,5
ENROCAMENTOS	1,6 – 4,0

Quanto ao nível de dano associado a esta fórmula, para efeitos de projeto é aceitável admitir que um número equivalente entre [0 a 5] % dos blocos do manto sofram deslocamentos na zona entre a crista e o nível correspondente à diferença entre o nível do mar e a altura da onda (CIRIA *et al.*, 2007; FABIÃO, 2012).

A fórmula de Hudson, apesar de ser amplamente utilizada, principalmente devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação, apresenta algumas lacunas. Assim, esta formulação possui algumas limitações devido à não inclusão de alguns parâmetros hidrodinâmicos, considerados importantes na estabilidade da estrutura, tais como período da onda, duração do temporal (número de ondas), tipo de rebentação, e ainda só ser válida para estruturas com núcleo permeável e estruturas com inexistência de galgamentos.

2.6.3 Fórmula de Van der Meer

A formulação de Van der Meer surge com a intenção suprimir algumas limitações da formulação de Hudson. Esta formulação de estabilidade é mais complexa, na medida que considera o carácter irregular da agitação, a permeabilidade do núcleo e camadas inferiores, a duração do temporal, diferentes níveis de dano admissíveis para a estrutura, e ainda diferentes condições de rebentação (CIRIA *et al.*, 2007).

A fórmula de Van der Meer para mantos compostos por enrocamentos admite duas expressões, uma vez que são consideradas diferentes condições de rebentação, ou seja, assumiu que o efeito do período da onda está associado à forma e declividade da ondulação incidente, incluindo assim o número de Iribarren.

Para o caso de rebentação do tipo mergulhante ($\xi_m < \xi_{c_r}$), a expressão é a seguinte:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6,2P^{0,18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi_m^{-0,5} \quad (2.10)$$

No caso de rebentação do tipo de fundo ($\xi_m \geq \xi_{c_r}$), isto é, quando a rebentação se dá já muito próxima da costa, em taludes de declive acentuado, a expressão é a seguinte:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1,0P^{-0,13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \sqrt{\cot \theta} \xi_m^P \quad (2.11)$$

onde:

- N_s – Número de estabilidade;
- D_{n50} – comprimento da aresta de um cubo de volume equivalente ao bloco;
- H_s – Altura de onda significativa de projeto;
- θ – Ângulo do talude com a horizontal;
- P – Coeficiente empírico de permeabilidade do talude;
- S – Nível de estragos;
- ξ_m – Parâmetro da rebentação (Número de Iribarren ($\tan \theta / s_m^{1/2}$));
- s_m – Declividade da onda (H_s / L_0);
- L_0 – Comprimento de onda em grandes profundidades (igual a $gT^2/2\pi$);
- N – Número de ondas que incidem no manto;
- Δ – Densidade relativa.

A diferenciação entre os dois tipos de rebentação anteriormente referidos é efetuada considerando o número de Iribarren crítico, ξ_{c_r} , igual a;

$$\xi_{c_r} = (6,2P^{0,31} \sqrt{\tan \theta})^{1/(P+0,5)} \quad (2.12)$$

Na Figura 2.33, está representada a variação do coeficiente de permeabilidade, P. Este pode variar entre 0,1 (para o caso de um manto resistente constituído por enrocamento sobre um filtro impermeável) e 0,6 (para o caso de todo o quebramar ser constituído por enrocamento, não

existindo filtros nem núcleo). De notar o facto de o valor da permeabilidade influenciar fortemente o nível de danos da estrutura e o peso unitário dos blocos necessários para o manto resistente (LIMA, 2011).

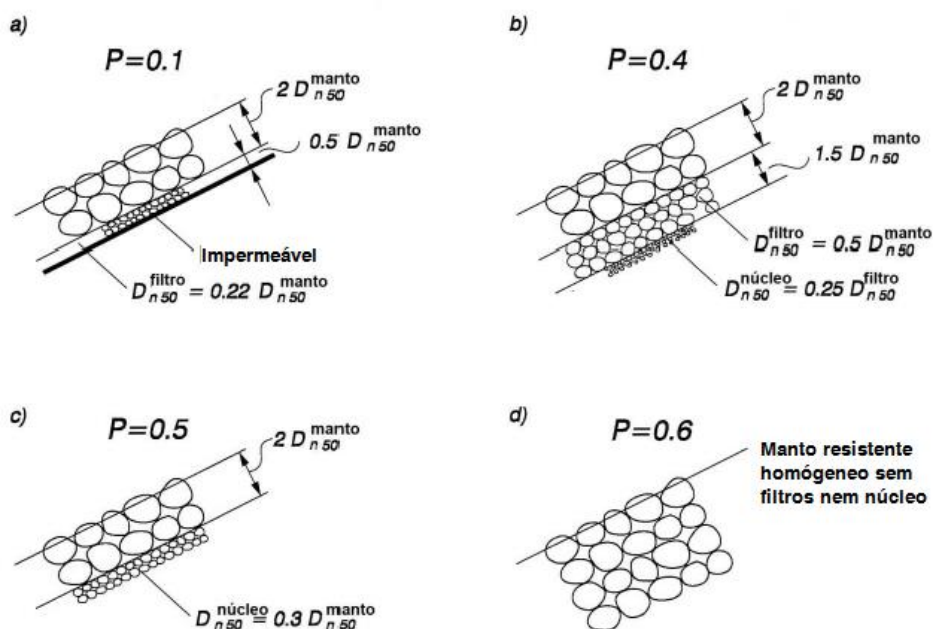


Figura 2.33 – Coeficiente de permeabilidade, P (Adaptado de USACE, 2006).

No Quadro 2.7, são apresentados os valores recomendáveis para o número de danos de projeto, S, caracterizado pelo número de blocos de dimensão D_{n50} deslocados ou removidos do seu lugar original numa camada do manto resistente de largura igual a D_{n50} .

Quadro 2.7 – Valores do parâmetro S recomendáveis, para mantos resistentes constituídos por duas camadas de enrocamento, propostos por Van der Meer (CIRIA *et al.*, 2007).

Inclinação do talude	Danos Iniciais	Danos Intermédios	Ruína
1 / 1,5	2	3 - 5	8
1 / 2	2	4 - 6	8
1 / 3	2	6 - 9	12
1 / 4 - 1 / 6	3	8 - 12	17

De acordo com a referência bibliográfica (CIRIA *et al.*, 2007), esta estabelece que, no caso de blocos artificiais de betão dispostos aleatoriamente, o dano é quantificado a partir de N_{od} e N_d :

- N_{od} – número de elementos deslocados numa faixa com largura D_n (diâmetro nominal do bloco);
- N_d – número de elementos deslocados, representado como a percentagem do número total de blocos colocados a uma certa distância do nível da água ($\pm 1.5 H_s$).

No Quadro 2.8, estão discriminados os valores típicos de N_{od} , para os blocos assinalados, consoante o nível de dano.

Quadro 2.8 – Número de dano característico para blocos artificiais de betão (Cubo “Antifer”, e tetrápode),

(Adaptado de CIRIA *et al.*, 2007).

Tipo de bloco artificial de betão	Número de dano	Nível de dano		
		Início do dano	Dano intermédio	Ruína
Cubo "Antifer"	N_{od}	0,2 - 0,5	1	2
Tetrápode		0,2 - 0,5	1	1 - 5

Van der Meer propôs fórmulas de estabilidade para vários tipos de blocos artificiais de betão. A expressão seguinte destina-se em particular ao cálculo do manto resistente, constituído por 2 camadas de cubos artificiais de betão (CIRIA *et al.*, 2007):

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(6,7 \frac{N_{od}^{0,4}}{N^{0,3}} + 1,0 \right) S_{om}^{-0,1} \quad (2.13)$$

em que:

- S_{om} - Declividade da onda, baseada no período médio.

Esta expressão é válida para ondas irregulares não limitadas pela profundidade, com uma inclinação 1:1,5 e para ($3.5 < \xi_m < 6$).

Para o pré-dimensionamento do manto resistente constituído por duas camadas de tetrápodes, Van der Meer propôs a seguinte expressão (CIRIA *et al.*, 2007):

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(3,75 \left(\frac{N_{od}}{\sqrt{N}} \right)^{0,5} + 0,85 \right) s_{om}^{-0,2} \quad (2.14)$$

Esta expressão é válida para ondas irregulares não limitadas pela profundidade, com uma inclinação 1:1,5, composta por duas camadas de tetrápodes e ($3.5 < \xi_m < 6$).

Conhecido o valor de D_{n50} ou D_n , o peso unitário dos blocos do manto resistente (W) obtém-se recorrendo às expressões (2.6 e 2.7).

Segundo PITA (1986), a aplicação destas expressões supracitadas deve limitar-se à fase de pré-dimensionamento, sendo necessário recorrer a outras vias (e.x. modelação física, modelos numéricos), devendo ser encarada apenas como uma ferramenta para comparar a estabilidade de diferentes tipos de blocos.

2.7 Modos de Rotura

Neste ponto, pretende-se apenas apresentar os principais modos de rotura dos quebramares de estrutura mista, bem como os modos de rotura dos quebramares mistos, contudo nesta dissertação estes aspetos não serão objeto de estudo.

Ao longo dos anos, foram registados vários casos de quebramares de taludes que, quando expostos à ação das intempéries, entraram em ruína. A sua análise permitiu identificar diferentes modos de rotura, tais como ruína por erosão do manto de proteção por instabilidade hidráulica dos blocos que o compõem, por galgamento, por assentamento do manto, do pé de talude ou da superestrutura. Neste contexto, a Figura 2.34 ilustra os modos de rotura num quebramar de taludes. A compressão destes fenómenos contribui para que durante a fase de projeto sejam adotadas medidas que possam reduzir estes riscos.

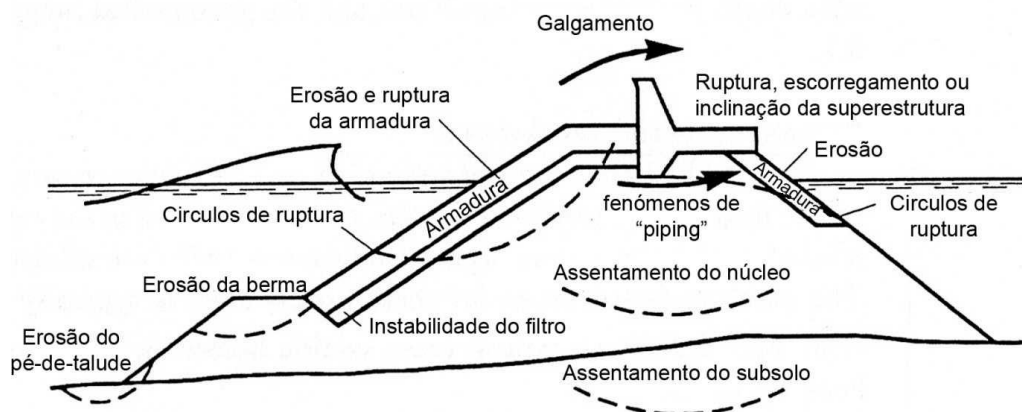


Figura 2.34 – Modos de rotura de um quebramar de taludes (CORREIA, 2009).

De forma análoga, na Figura 2.35 são expostos os possíveis modos de rotura de um quebramar misto.

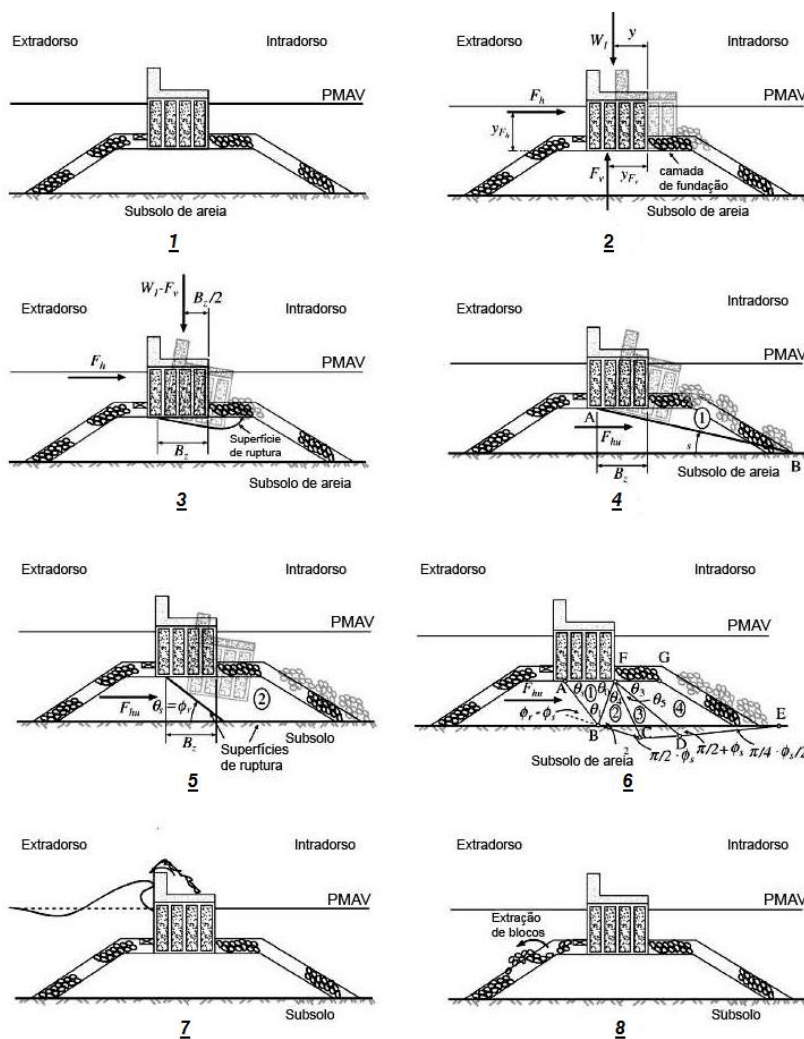


Figura 2.35 – Modos de rotura de quebramares mistos (CORREIA, 2009).

Identificação dos modos de rotura:

1. Estado de repouso;
2. Rotura por escorregamento entre o caixotão e a fundação;
3. Rotura por falta de capacidade da fundação de resistência à rotação;
4. Rotura da fundação;
5. Rotura da fundação por deslizamento ao longo do subsolo de areia;
6. Rotura por assentamento;
7. Rotura por galgamento;
8. Rotura por instabilidade do manto protetor.

2.8 Notas Finais

Pretendeu-se com este capítulo descrever os principais tipos de quebramares portuários e tecer algumas considerações relativas à sua constituição e dimensionamento, nomeadamente do manto resistente. O objetivo deste capítulo consistia apenas na realização de enquadramento teórico do tema, pelo que se optou por focar os aspetos mais importantes e de maior interesse. Para um conhecimento mais aprofundado do tema, poderá consultar-se (CIRIA *et al.*, 2007; USACE, 2006; PITA, 1986; PINTO, 2000) entre outros.

Capítulo 3

Caracterização da RAM do Ponto de Vista do Estudo

3.1 Enquadramento Geográfico da RAM

O arquipélago da Madeira fica situado no Oceano Atlântico, a sudoeste da Península Ibérica, a cerca de 900 km de Portugal Continental, localizado entre as latitudes 30° 01'N e 33° 31'N, e as longitudes 16° 30'W e 17° 30'W, do meridiano de Greenwich. O arquipélago dispõe de uma área total aproximada de 801.1 km², sendo constituído pelas ilhas da Madeira e de Porto Santo, e ainda por dois grupos de ilhas desabitadas, as ilhas Desertas e as Selvagens, que constituem reservas naturais (Figura 3.1) (APRAM, 2009; SOUSA, 2004; TORRES e ANDRADE, 2010).



Figura 3.1 – Representação do arquipélago da Madeira, com exceção das ilhas Selvagens. (Atlas de Portugal

<http://www.igeo.pt>)

Em termos de áreas, a ilha da Madeira constitui a maior ilha deste conjunto, com 736,8 km² de área total, apresentando uma forma geral alongada, com um comprimento máximo de 58 km segundo a direção E - W e uma largura máxima de 23 km segundo a direção N - S. A ilha de Porto Santo está situada a cerca de 40 km a nordeste da ilha da Madeira, com uma superfície aproximada de 42.5 km² (SOUSA, 2004; TORRES e ANDRADE, 2010).

As ilhas Desertas são constituídas por três ilhéus (Ilhéu Bugio, Deserta Grande e Ilhéu Chão), ocupando uma área total de 14.2 km². As ilhas Selvagens estão situadas a cerca de 300 km a Sul-Sudeste da ilha da Madeira. Estas são constituídas por três grupos de pequenas ilhas, perfazendo uma área total de 3,6 km², das quais se destacam a Selvagem Grande, a Selvagem Pequena e o Ilhéu de Fora (SOUSA, 2004).

De salientar que o arquipélago da Madeira ocupa uma posição central no Oceano Atlântico Oriental, onde conjuntamente com os arquipélagos dos Açores, Canárias e Cabo Verde, constituem a região biogeográfica conhecida pela região da Macaronésia. Toda esta área pertencente à Macaronésia partilha características biológicas e contém comunidades de seres vivos endémicos, muitos deles em risco de extinção ou já extintos.

3.2 Características e Condicionantes do Local de Intervenção

No caso da RAM, pela natureza do litoral das ilhas, os portos são em geral artificiais. Assim, constituem locais de intervenção deste estudo as ilhas da Madeira e do Porto Santo, onde foram construídos vários quebramares com aplicação portuária. Neste tópico, serão apresentadas algumas particularidades em relação às características e condicionantes da área de intervenção deste estudo.

3.2.1 Particularidades Geológicas e Morfológicas

3.2.1.1 Ilha da Madeira

A ilha da Madeira, de origem vulcânica, foi formada em vários períodos com diferentes intensidades vulcânicas, originando características litológicas específicas que foram alteradas ao longo do tempo por fenómenos como as variações do nível do mar e agentes erosivos, que deram a forma e o relevo atual, com vales profundos e zonas escarpadas. A título de exemplo, as arribas muito altas na costa NW revelam uma predominante e ativa ação erosiva dos mares e ventos deste quadrante, desde há muitos milénios, e ainda as ações erosivas do mar nas encostas e das chuvas no interior produziram altas e profundos vales, que reduziram as

dimensões e altitudes, alterando a configuração mais regular que a ilha devia ter depois da sua formação geológica (RIBEIRO, e RAMALHO, 2007).

Este tipo de relevo deve-se, ainda, à alternância de diferentes litologias com distintas capacidades resistentes – maciços basálticos, muito alterados, por um lado, e rochas piroclásticas (tufos, brechas, cinzas, entre outros) extremamente desagregáveis, por outro lado, quando expostas aos agentes erosivos desagregam-se rapidamente (RIBEIRO E RAMALHO, 2007).

3.2.1.2 Ilha de Porto Santo

Apesar de se localizar muito perto da ilha da Madeira, a ilha do Porto Santo não podia diferir mais, em termos geológicos. O Porto Santo é constituído por calcários, tufos, cinzas, escórias, argilas endurecidas, areias, arenito e aglomerados. Entre as lavas, as traquites são abundantes, variáveis de coloração mais claras, mais ácidas e menos ásperas que as da ilha da Madeira. O basalto encontra-se na região baixa, alternando por vezes com os calcários em fendas, suporte de furnas e entre depósitos submarinos.

Em termos morfológicos, existe também um forte contraste entre estas ilhas. O relevo da ilha de Porto Santo é muito inferior, não ultrapassando 517 m de altitude no seu pico mais alto, o Pico do Facho. Em termos relativos, a região norte da ilha, onde se encontra o pico mais alto, é relativamente montanhosa, contrariamente a todo o resto da ilha onde raramente se excedem os 200 m de altitude.

O grande contraste morfológico entre as duas ilhas deve-se, essencialmente, à diferente duração dos respetivos tempos de exposição aos agentes erosivos (RIBEIRO e RAMALHO, 2007).

3.2.2 Divisão Administrativa do Território

Na Figura 3.2, é apresentada a divisão administrativa da RAM. Pode constatar-se que a mesma está dividida em 11 concelhos, 10 dos quais se encontram na ilha da Madeira. A introdução deste subtópico apenas pretende auxiliar a localização das estruturas identificadas, como se verá ainda neste capítulo.



Figura 3.2 – Concelhos da RAM (Fonte: Adaptado de <http://codigopostal.ciberforma.pt/distrito.asp?dist=31>).

3.2.3 Rede de Bóias Ondógrafo

O Instituto Hidrográfico (IH) tem vindo a desenvolver, desde os anos 80 do século XX, uma estratégia de conhecimento do meio marinho, com o estabelecimento de redes permanentes de observação de ondas, marés e correntes, entres outros parâmetros, em todo o território nacional.

Neste contexto, na RAM, o IH conjuntamente com a APRAM, S.A, têm colaborado através do estabelecimento de parcerias, para a obtenção de dados relativos à agitação marítima.

Do início da colaboração resultou o fundeamento da primeira boia ondógrafo ao largo do Funchal, no ano de 1989 (CORREIA e SOARES 2012). Atualmente, são quatro as bóias ondógrafo colocadas na região, dispostas respetivamente na zona do Funchal, Caniçal, Porto Santo e por último, no Porto Moniz (esta última fundeada em 2012) (Figura 3.3).

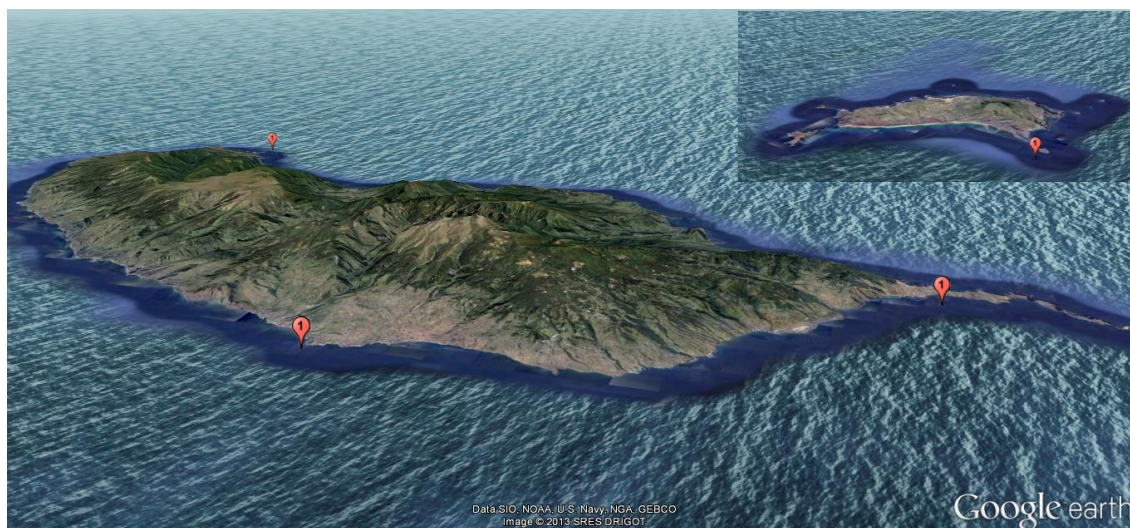



Figura 3.3 – Rede de bóias ondógrafo na RAM, assinaladas com o ícone , no ano de 2012 (Adaptado de CORREIA E SOARES, 2012).

O fundeamento das bóias ondógrafo possibilita, através de um sistema de comunicação e transmissão de dados, a disponibilização de informação em tempo real processada a partir de um software de controlo de dados, que permite calcular os parâmetros mais representativos da agitação marítima.

A informação disponibilizada pelo IH é o resultado do processamento em tempo real dos registos de 10 minutos; altura significativa, altura máxima, período médio, período máximo, direção de pico e a temperatura da água à superfície (INSTITUTO HIDROGRÁFICO, 2013).

3.2.4 Regimes de Marés, Correntes e Agitação Marítima na Ilha da Madeira e Porto Santo

3.2.4.1 Marés

As marés no arquipélago da Madeira são do tipo semi-diurno regular, ocorrendo quase simultaneamente em todo o arquipélago. De acordo com a Tabela de Marés publicada pelo IH para o ano de 2011, os elementos de maré astronómica relativos ao Porto do Funchal são os seguintes:

PM Máx +2,73 m (ZH)

PMAV +2,42 m (ZH)

PMAM +1,85 m (ZH)

NM +1,40 m (ZH)

BMAM +0,97 m (ZH)

BMAV +0,39 m (ZH)

BM Min +0,13 m (ZH)

onde:

PM Máx – Nível da maré astronómica mais alta. É a altura de água máxima que se prevê que possa ocorrer devida à maré astronómica.

PMAV – Valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior (próximo das situações de Lua Nova ou Lua Cheia).

PMAM – Valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é menor (próximo das situações de Quadro Crescente ou Quarto Minguante).

NM (Nível médio) – Valor médio adotado para as alturas de água, resultante de séries de observações maregráficas de duração variável, relativamente ao qual foram elaboradas as previsões.

BMAM – Valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas baixa-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é menor (próximo das situações de Quarto Crescente ou Quarto Minguante).

BMAV – Valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas baixa-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior (próximo das situações de Lua Nova ou Lua Cheia).

BM Mín – Nível da maré astronómica mais baixa. É a altura de água mínima que se prevê que possa ocorrer devida à maré astronómica.

ZH (Zero hidrográfico) – Plano de referência em relação ao qual são referidas as sondas e as linhas isobatimétricas nas cartas náuticas, e as previsões de altura de maré que figuram nas Tabelas de Marés do IH. Nas cartas portuguesas, o ZH fica situado abaixo do nível da maré astronómica mais baixa, pelo que as previsões de altura de maré são sempre positivas.

De salientar que os valores supramencionados correspondem à maré astronómica para condições meteorológicas normais médias. No entanto, tais valores poderão ser afetados pela ocorrência de situações meteorológicas anormais, nomeadamente por ventos fortes ou de prolongada duração e por pressões atmosféricas anormalmente baixas ou elevadas. Neste último caso, as diferenças de alturas de água só excepcionalmente ultrapassam valores de 0,20 m a 0,30 m. Quanto ao efeito provocado pela ocorrência de ventos fortes, ou de prolongada duração, a sua previsão é bastante aleatória, dado estar associada a situações esporádicas, tanto em termos temporais como quantitativos (velocidade, direção e duração do vento) (WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A, 2011).

Por outro lado, na própria Tabela de Marés está indicado que, dado que o plano do ZH foi fixado em relação a níveis médios adotados à várias décadas, existe presentemente uma diferença sistemática de cerca de 0,10 m entre as alturas de água observadas e as alturas médias previstas.

Na ausência de dados recolhidos diretamente do Porto Santo, são utilizados os dados referentes ao Porto do Funchal, tendo em conta que entre este e o Porto Santo a relação de amplitudes é de 1,06.

3.2.4.2 Correntes

Na baía do Funchal e do Caniçal, as correntes têm direções aproximadamente paralelas à costa e são geradas fundamentalmente pela ação da maré. Na baía do Porto Santo as correntes são em geral nulas ou muito fracas para norte do alinhamento dos ilhéus de Baixo e de Cima (RAMOS, 2009).

Na Madeira, as correntes devidas à maré são mais sensíveis em marés vivas e próximo da meia maré, atingindo as maiores velocidades junto das pontas mais salientes da ilha. Algo de semelhante ocorre na ilha do Porto Santo, dado que, também aqui, estas atingem maiores velocidades junto das pontas mais salientes da ilha, em especial a Sul do ilhéu de Baixo e do ilhéu de Cima. Pelo contrário, em situações de marés mortas as correntes devidas à maré são nulas ou muito fracas (RAMOS, 2009).

Na ilha do Porto Santo, durante a enchente, a onda de maré propaga-se de Sul para Norte. Devido à configuração da ilha, a Sul do ilhéu de Cima a propagação dá-se para Este e para o quadrante Nordeste, com velocidades de cerca de 1 nó em marés vivas. A Sul do ilhéu de Baixo, a propagação dá-se para oeste ou para Este-Nordeste, com velocidade de cerca de 1 nó em marés vivas. Durante a vazante, a maré propaga-se com direções contrárias àquelas (RAMOS, 2009).

3.2.4.3 Agitação Marítima

Para a análise da agitação marítima, na RAM foi necessário recorrer a estudos realizados pela APRAM, S.A. Estudos esses, referentes à agitação na costa Sul da Madeira, efetuados com base nas observações recolhidas pelas bóias ondógrafo do Funchal e do Caniçal nos períodos compreendidos entre 1996 – 2011 e 2002 – 2011, respetivamente (Figura 3.4) (APRAM, 2012).

Neste estudo, não foram analisados os dados das bóias de Porto Santo e Porto Moniz, por considerarem que as suas séries temporais eram curtas.

No que respeita ao processamento de dados, as séries temporais adquiridas foram analisadas no domínio da frequência, com vista à estimação dos parâmetros característicos da agitação marítima. Para cada registo, foram estimados, os seguintes parâmetros: altura significativa

(Hm0), período médio (T02), período de pico (TP) e direção média associada ao período de pico (APRAM, 2012).

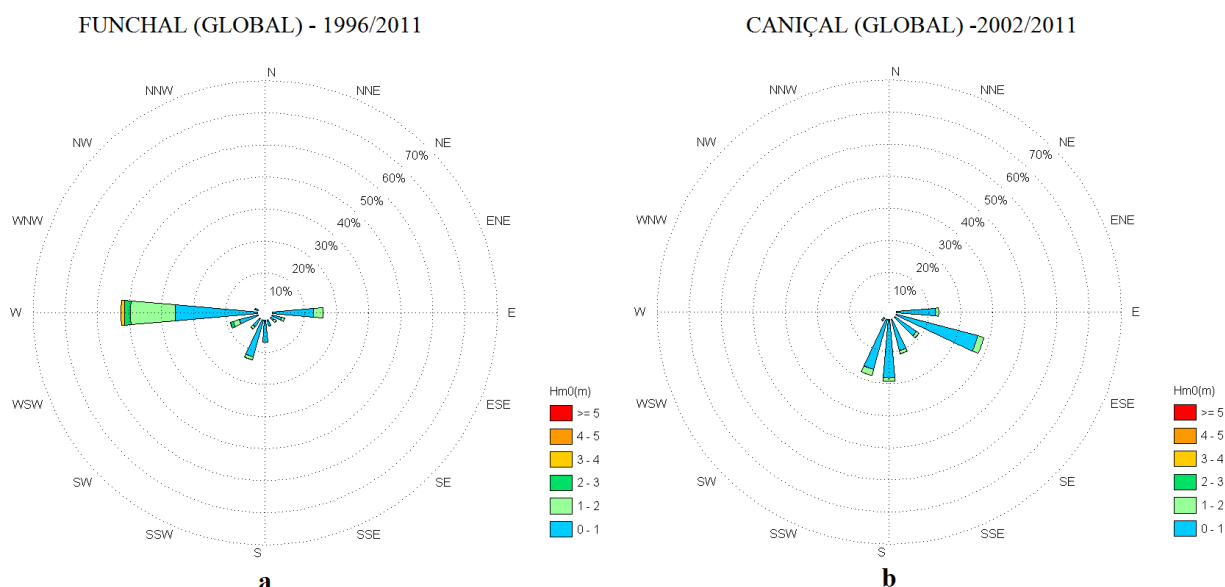


Figura 3.4 – Dados referentes às bóias ondógrafo do Funchal (a) e do Caniçal (b) (Adaptado de APRAM, 2012).

No arquipélago da Madeira, a agitação marítima está associada aos padrões de circulação atmosférica no Atlântico Norte, nomeadamente à ondulação proveniente de NW e NE.

No entanto, pela análise da Figura 3.5, é notório que as bóias em causa estão abrigadas das componentes de agitação marítima de Norte, devido à sua localização e ao efeito de sombra da ilha. A agitação marítima é geralmente fraca ou moderada, com rumos predominantes de W e E.

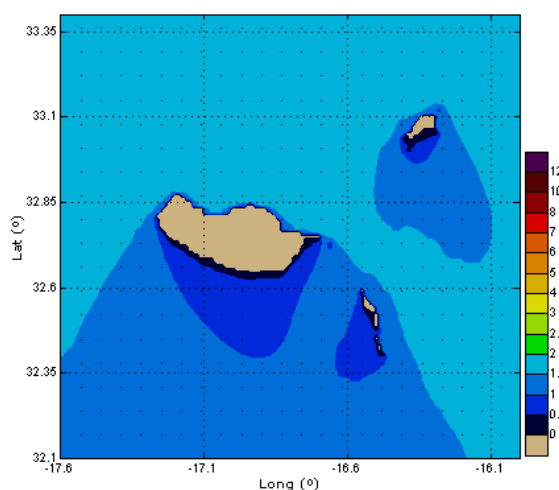


Figura 3.5 – Efeito de sombra das ilhas, altura significativa (m). Fonte: (<http://www.hidrografico.pt/previsao-arquipelago-madeira.php>)

Na estação ondógrafo do Funchal (Figura 3.6), o estado de mar predominante é do quadrante W, com altura significativa (Hm0) inferior a 1 m, período médio (T02) de [3-5 s] e período de pico (Tp) de [9-13 s]. Observa-se também uma forte componente de E, com alturas significativas inferiores a 1 m, período médio de [3-5 s] e período de pico de [7-9 s].

Assinala-se que os maiores valores de altura (Hm0 > 4 m), provêm maioritariamente de SW - W, com valores de TP entre [9-13 s] (APRAM, 2012).

FUNCHAL - GLOBAL(1996-2011)

Hm0	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
0 - 1				0.4	13	3	1.1	1.7	6.5	11.8	2.8	5.8	25.6	1.4			73.3
1 - 2					2.7	0.8	0.6	0.3	0.4	0.6	0.6	1.7	14.3	0.2			22.3
2 - 3							0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	2.1				3.3
3 - 4											0.1	0.2	0.5				0.9
4 - 5											0.1	0.1	0.1				0.2
> 5																	
%				0.4	15.7	3.9	1.8	2.1	7	12.4	3.9	8.3	42.6	1.7			100

T02	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5				0.2	12.9	3.4	1.3	1.5	5	8.2	2.2	4.1	15.1	1			55.1
5-7				0.2	2.8	0.4	0.5	0.6	1.9	4	1.6	3.7	22.2	0.6			38.6
7-9									0.1	0.3	0.1	0.4	4.7				5.7
9-11													0.5				0.6
11-13																	
13-15																	
15-17																	
17-19																	
19-21																	
%				0.4	15.7	3.9	1.8	2.1	7	12.4	3.9	8.3	42.6	1.7			100

TP	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5					2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	1.1	0.1			4.7
5-7				0.1	5.2	1.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	1.8	0.2			10.8
7-9				0.2	7.7	1.5	0.6	0.3	0.2	0.2	0.7	1.3	6.2	0.5			19.5
9-11					0.8	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	1	2.2	15.1	0.6			21.5
11-13							0.1	0.5	1.7	2.8	1.2	2.6	12.4	0.2			21.5
13-15							0.1	0.5	2.4	5.3	0.6	1	4.5				14.3
15-17							0.1	0.2	1.6	3	0.2	0.3	1.5				6.7
17-19									0.3	0.3		0.1	0.1				0.9
19-21																	
%				0.4	15.7	3.9	1.8	2.1	7	12.4	3.9	8.3	42.6	1.7			100

Figura 3.6 – Dados referentes à bóia ondógrafo do Funchal (1996 – 2011), (Adaptado de APRAM, 2012).

A análise de dados da estação ondógrafo do Caniçal (Figura 3.7), evidência que esta se encontra abrigada à agitação marítima proveniente de W, devido à sua localização. O estado de mar predominante é de ESE, com $Hm_0 < 1$, T02 de [3-5 s] e Tp de [5-7 s]. Refira-se também que as direções S-SSW têm elevada percentagem de observações, com $Hm_0 < 1$ m, T02 de [3-5 s] e Tp de [13-15 s]. Os valores mais elevados de Hm_0 são provenientes de S, com Tp inferior a 11 s (APRAM, 2012).

CANICAL - GLOBAL(2002-2011)

HMO	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
0 - 1	0.1			0.1	12.4	25.5	7.9	10.3	18.2	16.2	0.5	0.4					91.5
1 - 2					1.4	2.3	0.5	0.5	1.3	1.8							7.9
2 - 3								0.1	0.2	0.2							0.5
3 - 4										0.1							0.1
4 - 5																	
> 5																	
%	0.1			0.1	13.8	27.9	8.4	10.9	19.6	18.3	0.5	0.4					100

T02	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5	0.1			0.1	11.6	23	6.1	7.8	13.3	12.2	0.3	0.3					74.8
5-7					2.2	4.8	2.3	3.1	6	5.6	0.1						24.3
7-9									0.3	0.4							0.8
9-11																	
11-13																	
13-15																	
15-17																	
17-19																	
19-21																	
%	0.1			0.1	13.8	27.9	8.4	10.9	19.6	18.3	0.5	0.4					100

TP	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5					1.2	3.5	0.6	0.4	1.1	1.4							8.4
5-7					6.1	12.6	0.8	0.7	1.1	1.4			0.2				22.8
7-9					5.3	7.6	0.8	0.4	1.1	1.6		0.1					16.9
9-11					0.8	1.8	1.5	1.4	1.3	0.7							7.7
11-13					0.3	1.1	2.3	4.2	5.7	2.9							16.5
13-15					0.1	0.5	1.4	2.8	6.1	6.7	0.2						17.7
15-17					0.1	0.6	1	1	2.8	3.3	0.2						9.1
17-19						0.1	0.1	0.1	0.4	0.3							1
19-21																	
%	0.1			0.1	13.8	27.9	8.4	10.9	19.6	18.3	0.5	0.4					100

Figura 3.7 – Dados referentes à bóia ondógrafo do Caniçal (2002 – 2011), (Adaptado de APRAM, 2012).

3.2.5 Localização dos Locais de Estudo

Os locais alvos de estudo desta dissertação estão assinalados de seguida (Figura 3.8 e 3.9), com recurso ao software Google earth.

Foram identificados todos os quebramares portuários da RAM. Importa ressaltar que, para além dos portos, identificaram-se também núcleos piscatórios, marinas, portos de recreio, entre outras infraestruturas com quebramares artificiais notórios.

3.2.5.1 Ilha da Madeira

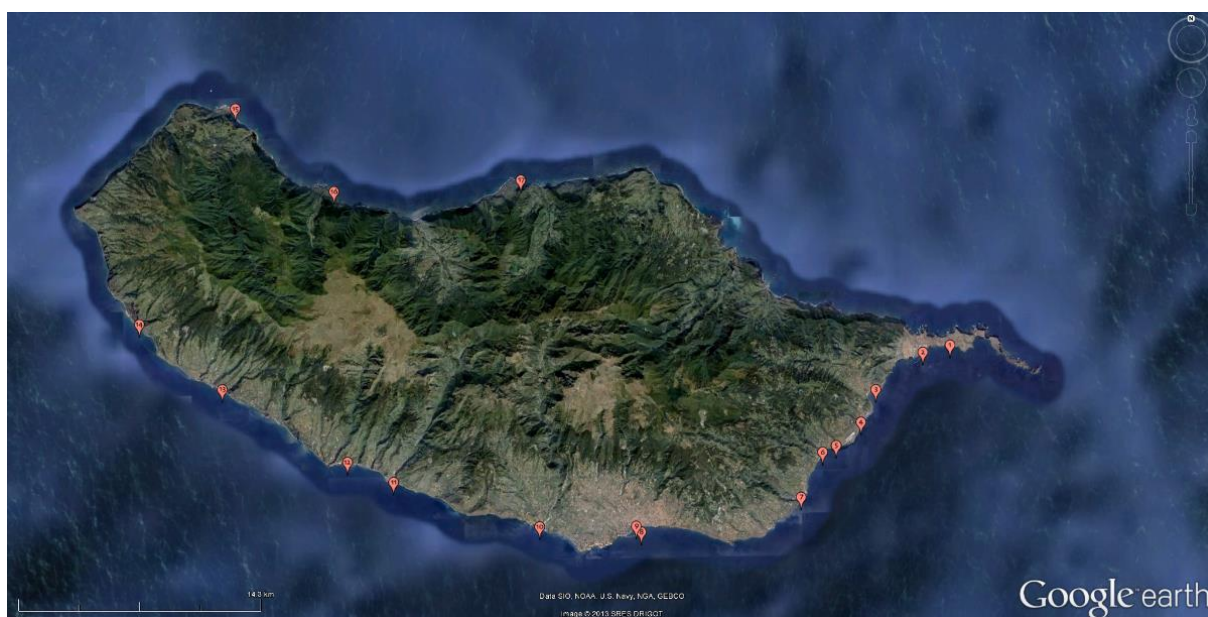


Figura 3.8 – Localização dos locais de estudo na ilha da Madeira.

- | | | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Marina da Quinta do Lorde
(Machico); | 7 | Terminal Acostável do Porto Novo
(Santa Cruz); |
| 2 | Porto do Caniçal (Machico); | 8 | Porto do Funchal (Funchal); |
| 3 | Porto de Recreio de Machico
(Machico); | 9 | Marina do Funchal (Funchal); |
| 4 | Porto de Abrigo do Posto Socorros a
Naufrágos (Santa Cruz); | 10 | Estaleiro de Reparação Naval dos
Socorridos (Camâra de Lobos); |
| 5 | Cais Acostável de Santa Cruz (Santa
Cruz); | 11 | Cais Acostável da Ribeira Brava
(Ribeira Brava); |
| 6 | Marina de Santa Cruz (Santa Cruz); | 12 | Marina do Lugar de Baixo (Ponta do
Sol); |

13 Porto de Recreio da Calheta
(**Calheta**);

14 Cais Acostável do Paúl do Mar
(**Calheta**);

15 Porto do Porto Moniz (**Porto
Moniz**);

16 Cais Acostável do Seixal (**Porto
Moniz**);

17 Proteção da Zona Balnear de Ponta
Delgada (Abrigo para embarcações
de pesca “Sazonal”) (**São Vicente**).

3.2.5.2 Ilha de Porto Santo

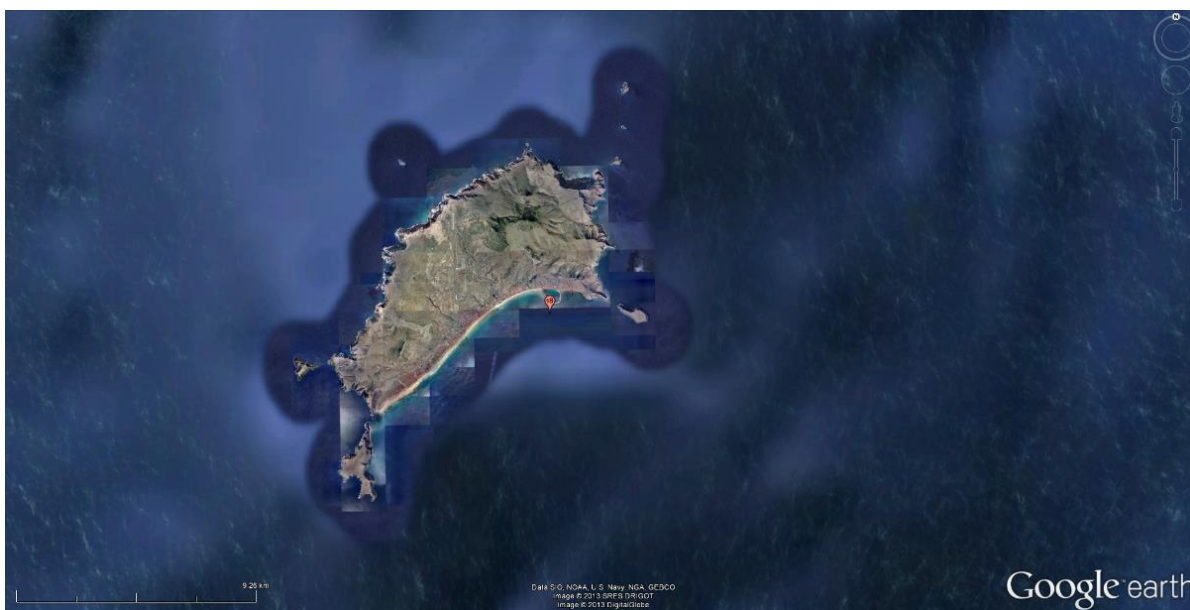


Figura 3.9 – Localização dos locais de estudo na ilha de Porto Santo.

18 Porto do Porto Santo (**Porto Santo**).

De modo, a tornar mais evidente a localização de cada caso estudado no território da RAM, foi criado um mapa num formato folha A3, apresentado no anexo A.

Capítulo 4

Preparação de uma Base de Dados

4.1 Considerações Iniciais

Um dos objetivos fundamentais da presente dissertação passa pela elaboração de um inventário que reúna os diversos quebramares portuários existentes na RAM. Para facilitar o armazenamento desta informação, bem como a sua consulta, decidiu-se compilar a mesma numa base de dados. Entenda-se por base de dados como sendo uma coletânea de informação em constante atualização e desenvolvimento, facilmente adaptável a possíveis novas situações.

A criação de uma base de dados compreende a compilação e tratamento da informação de maneira que esta possa ser estruturada de uma forma prática e simples, possibilitando assim um acesso facilitado ao seu conteúdo. Neste contexto, através da análise dos vários quebramares reunidos, desenvolveu-se uma ficha de inventário adequada às diversas tipologias de quebramares portuários, sejam estes quebramares de taludes, verticais, mistos ou de estrutura mista. A preparação da ficha de inventário permitiu de algum modo adaptá-la à semelhança de um modelo de ficha técnica, uma vez que é possível ter a noção do tipo de estrutura, das suas características e do local onde está inserido, porém os quebramares portuários não se resumem apenas a estes tópicos, apresentando-se como estruturas de alguma complexidade, e a sua análise e estudo não deve ser feita baseando-se somente numa ficha técnica.

4.2 Critérios Adotados

A construção de uma base de dados dita que se implementem alguns critérios, com a finalidade de se estabelecerem parâmetros que devam ser incluídos na composição de uma ficha técnica base.

Os critérios impostos surgem após a avaliação de todos os pontos alvos deste estudo e da ponderação dos dados que deverão estar incluídos na ficha técnica, de modo a tornar o seu conteúdo o mais completo possível e ao mesmo tempo permitir que a consulta seja simples e prática.

Por este motivo, decidiu-se que apenas seriam analisados e entrariam na base de dados os quebramares portuários, para os quais fosse disponibilizado o respetivo perfil transversal, possibilitando assim a sua respetiva análise. Nalguns casos, inicialmente embora existisse esse

corte do perfil transversal, não se dispunha de informações suficientes para que pudessem vir a ser casos de estudo viáveis. Nestas situações, procurou-se reunir informação sobre o quebramar em causa de modo a ser possível completar ao máximo a sua ficha técnica.

Outro critério estabelecido diz respeito às intervenções de reabilitação que alguns quebramares foram sofrendo no decorrer da sua vida útil. Desta forma, certos parâmetros a preencher na ficha técnica estão de acordo com essas últimas intervenções. São exemplo o espaço reservado ao perfil transversal, os aspetos técnicos relevantes bem como os restantes campos aos quais essa informação recolhida lhes corresponda.

De igual modo, e após a análise dos casos em estudo, decidiu-se considerar um novo critério que corresponde à opção adotada para a composição do manto resistente, nos casos em que este se evidencie. O manto resistente apresenta-se como a faixa externa do talude, sobre a qual se dá a incidência da agitação marítima. Depois desta análise, constatou-se que apenas existiam três tipos de composição do manto resistente na RAM. Deste modo, os diferentes tipos de blocos serão classificados consoante a sua origem e divididos por várias classes de acordo com o seu peso (kN). No Quadro 4.1, é possível observar o critério estabelecido.

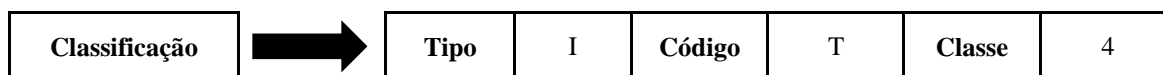
Quadro 4.1 – Critério de classificação do manto resistente.

	Tipo	Tipo de Blocos	Código	Peso (kN)					
				[0 - 75[[75 - 150[[150 - 225[[225 - 300[[300 - 375[[>375]
Com Manto Resistente	I	Enrocamento	EN	1	2	3	4	5	6
		Cubos “Antifer”	A						
		Tetrápodes	T						
Sem Manto Resistente	II								

A título de exemplo, apresenta-se em seguida um caso de como se processa a classificação:

Exemplo: Quebramar do Porto do Funchal - Este quebramar é constituído por um talude exterior, o qual possui um manto resistente composto por tetrápodes de 250 kN.

Quadro 4.2 – Exemplo de classificação.



Para que fosse possível uma identificação rápida do tipo de solução (quebramar) adotada em cada situação, achou-se por bem criar um método de codificação, a apresentar de forma destacada na Parte I da Ficha Técnica. Para esse efeito, este método baseia-se na utilização de uma sigla que permita diferenciar cada tipo de solução. No quadro 4.3, está patente o método de codificação.

Quadro 4.3 – Método de Codificação.

Tipo de Estrutura	Sigla
Quebramares de Taludes	QT
Quebramares Verticais	QV
Quebramares Mistos	QM
Quebramares de Estrutura Mista	QEM

4.3 Ficha Modelo

A elaboração de uma ficha técnica pressupõe um processo de pesquisa prolongado e de permanente evolução, até chegar a um modelo que se considere aceitável, tendo em conta os objetivos pretendidos, ou seja, a versão apresentada é o culminar dos vários aperfeiçoamentos que se foram sucedendo no decorrer da presente dissertação.

A versão final apresentada procura incluir os múltiplos aspetos e características de cada caso em estudo. O modelo tem uma estrutura bem definida, no entanto é suscetível que possam surgir pequenas alterações sempre que alguma das situações em análise o justificar.

Assim, embora cada caso deva ser interpretado individualmente, todos eles têm em comum a função para que foram construídos, ou seja, a proteção das zonas portuárias.

Deste modo, as fichas de inventário foram divididas em três partes distintas. Na Parte I, os campos a preencher têm uma índole mais introdutória, na Parte II, estão os campos com um teor mais técnico, por sua vez, a Parte III encontra-se reservada para a apresentação do registo fotográfico.

A Parte I (Figura 4.1), como anteriormente descrito, apresenta um cariz introdutório, na medida em que são apresentados os parâmetros, como a “Designação”, a “Localização” e a respetiva sigla de identificação já referida em 4.2. Nesta parte, ainda são apresentadas uma “Descrição Geral” da estrutura bem como uma janela para a inserção de uma “Imagem Vertical do Local”. Estes dois últimos elementos são fundamentais, pois permitem situar a estrutura em causa no contexto onde se insere, auxiliando a compreensão da opção tomada relativamente ao tipo de estrutura utilizada.

Na Parte I, ainda existe um campo reservado para a indicação das fontes de informação utilizadas para o preenchimento da ficha técnica em questão.

Na Parte II das fichas (Figura 4.2), encontram-se várias categorias de informação, iniciando-se com dados relativos às entidades envolvidas, quer ao requerente do projeto quer a executante, e ainda os custos e duração associados à execução da obra.

Segue-se o campo correspondente ao critério utilizado para a classificação do manto resistente e o tipo de solução adotada.

Revelou-se importante definir claramente o tipo de solução em análise, utilizando para tal um corte do seu perfil transversal, sempre que possível devidamente legendado, facilitando o preenchimento de outros campos da ficha.

Neste segmento, também são expostas as características globais das soluções em causa, das quais são exemplos “Cota de Coroamento”, “Onda de Projeto”, “Manto Interior”, etc.

Dada a diferente dimensão das várias soluções distribuídas por toda a região, efetuadas de acordo com a finalidade a que se destinam, decidiu-se sempre que possível introduzir também nesta parte um campo destinado aos aspetos técnicos relevantes, preenchidos com as quantidades dos vários materiais que foram apurados para a realização da estrutura em causa.

A Parte III (Figura 4.3), destina-se essencialmente à exposição do registo fotográfico efetuado, existindo nalguns casos a possibilidade de poder ser apresentado um registo fotográfico do momento da construção, e ainda uma planta geral da infraestrutura em causa.


 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA					
Designação	N.º <input type="text"/>				
Localização	<table border="1"> <tr> <td>Concelho</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Georreferenciação</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	Concelho	<input type="text"/>	Georreferenciação	<input type="text"/>
Concelho	<input type="text"/>				
Georreferenciação	<input type="text"/>				
Imagem Vertical do Local					
Descrição Geral					
Fontes de Informação	<input type="text"/>				
	<input type="text"/>				

Figura 4.1 – Ficha Modelo, Parte I.

Adjudicatário*		Custo Aproximado	
Entidade Executante		Duração da Obra	
Classificação	➔	TIPO	CÓDIGO
			CLASSE
Tipo de Solução			
Características Globais	Cota de Coroamento		Cota de Serviço
	Comprimento		Largura
	Manto Resistente		Inclinação
	Manto Interior		Inclinação
	Onda de Projeto (Hs)		Núcleo
Aspetos Técnicos Relevantes			
Perfil Transversal			

Inventariado por: _____

Data: _____

*Dono de Obra

Figura 4.2 – Ficha Modelo, Parte II.

Planta Geral do Porto
Registo Fotográfico

Figura 4.3 – Ficha Modelo, Parte III.

4.4 Limitações

Neste tópico, são mencionadas as principais dificuldades encontradas no decorrer da criação da base de dados supracitada. Este processo veio a revelar-se moroso, desde o momento da agregação dos dados suficientes para poder compô-la até à elaboração do modelo base de ficha a preencher, porém não deixou de ser um processo aliciante, com a persistência a ser determinante para a obtenção dos dados, patenteando-se uma tarefa motivante.

A maior dificuldade sentida durante a constituição da base de dados deveu-se essencialmente à compilação dos dados relativos às várias estruturas, presentes no inventário.

A afirmação anterior pode ser justificada pelas seguintes razões:

- Nalguns casos, a informação sobre uma dada estrutura é escassa, em parte devido ao projeto ser muito antigo, tornando-se por vezes quase inexistente, o que dificulta o preenchimento de alguns parâmetros da sua ficha técnica;
- Noutros casos, pode ser explicado pela complexidade e custos envolvidos na realização de uma obra desta natureza. Por este motivo, as entidades nem sempre divulgam os detalhes do projeto por razões de competitividade concorrencial exigidas pela atual dinâmica de mercado.

A escassez de informação é evidente sobretudo em certos detalhes técnicos do projeto, como o caso da onda de projeto (Hs) e outros aspetos técnicos relevantes, que em certos casos não foram preenchidos.

De referir que outro dos aspetos a ter em conta no preenchimento das fichas técnicas, que nem sempre foi possível clarificar, foram as entidades executantes das estruturas, pois uma vez construídas algumas dessas obras, foram sofrendo várias intervenções ao longo da vida útil da estrutura. Das várias empresas intervenientes, colocaram-se apenas as referentes às últimas empreitadas. O mesmo problema verificou-se em relação à quantificação do custo aproximado da obra, pois o custo de obras já construídas há várias décadas torna-se difícil de precisar devido à inflação e deflação, perdendo algum significado nos dias de hoje. De igual modo, por diversas ocasiões, foi impossível datar a duração das obras em causa. Em contrapartida, foi sempre possível identificar o adjudicatário, isto é, o dono de obra.

Em suma, na maioria dos casos estudados, nem sempre foi possível completar totalmente as fichas técnicas relativas aos quebramares portuários, principalmente no que diz respeito à Parte II das fichas, correspondente à parte técnica da estrutura. Esta razão deve-se à diversidade e heterogeneidade de fontes de informação utilizadas na pesquisa dos diferentes casos considerados, o que impossibilita uma concordância nos dados disponíveis sobre o caso.

4.5 Considerações Finais

No que concerne à construção da presente base de dados e à sua utilidade em termos profissionais ou académicos, esta deve ser encarada como uma fonte de informação sobre os diversos casos de quebramares portuários na RAM, os quais passam a estar compilados de forma criteriosa, situação que até então não acontecia.

Numa futura abordagem à base de dados criada, novas tentativas de contacto deverão ser realizadas e novos casos de estudo analisados, com o objetivo de aperfeiçoar e completar o trabalho desenvolvido. Outros casos a serem tratados de forma semelhante poderão passar pelos quebramares construídos com a finalidade de proteger a orla costeira da agitação marítima, como o caso dos quebramares de berma.

A base de dados produzida pode ser consultada nos anexos B (índice) e C, através das fichas individuais materializadas para o efeito.

Capítulo 5

Análise Comparativa

5.1 Considerações Iniciais

Após a realização do inventário dos quebramares portuários da RAM, expresso em fichas compiladas em anexo, pretende-se neste capítulo apresentar uma análise comparativa das características globais das estruturas estudadas.

Desta forma, foram contabilizados para esta análise um total de 18 quebramares, dos quais 17 encontram-se na ilha da Madeira e 1 na ilha de Porto Santo.

A abordagem comparativa que será efetuada neste capítulo visa analisar as diferentes características dos quebramares, que vão desde o tipo de solução adotada e função da estrutura portuária, comparação dos critérios estabelecidos na formação do modelo de ficha, análises das variações das cotas de coroamento e de serviço, altura de onda significativas de projeto, e ainda inclinações dos mantos interior e exterior de cada quebramar.

5.2 Funções das Estruturas Portuárias da RAM

Ao nível das funcionalidades das estruturas portuárias da RAM, podemos dividi-las em cinco grupos, com os respetivos tipos de atividades, como mostra o Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Quadro resumo das funções das estruturas portuárias da RAM.

Função	Tipo de Atividade
Transporte Passageiros	Cruzeiros turísticos
	Tráfego regional (ligação Funchal - Porto Santo)
Mercadorias	Tráfego regional (ligação ferry Funchal - Porto Santo)
	Carga geral contentorizada
	Descarga e armazenagem de granéis sólidos (cimentos), granéis líquidos (combustíveis)
	Descarga de granéis sólidos (areias)
Recreio	Embarcações de recreio e desporto náutico
	Embarcações dedicadas às atividades marítimo – turísticas
Pesca	Embarcações de pesca profissional
	Embarcações de pesca tradicional
Outros	Reparação naval de embarcações de pesca
	Utilização Especial

De acordo com o estabelecido no Quadro 5.1, podemos então caracterizar cada estrutura portuária selecionada nesta dissertação. Assim, no Quadro 5.2 são descritas individualmente as funcionalidades de cada estrutura portuária.

Quadro 5.2 – Funcionalidades das estruturas portuárias da RAM.

Estrutura Portuária	Funcionalidade				
	T. Passageiros	Mercadorias	Recreio	Pesca	Outros
Marina da Quinta do Lorde			X		
Porto do Caniçal		X		X	X
Porto de Recreio Machico			X	X	
Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Naufrágos					X
Cais Acostável de Santa Cruz			X	X	
Porto de Recreio de Santa Cruz			X	X	
Terminal Acostável do Porto Novo		X			
Porto do Funchal	X	X	X	X	
Marina do Funchal			X		
Estaleiro de Reparação Naval dos Socorridos					X
Cais Acostável da Ribeira Brava			X	X	
Marina do Lugar de Baixo			X		
Porto de Recreio da Calheta			X	X	
Cais Acostável do Paúl do Mar			X	X	
Porto do Porto Moniz			X	X	
Cais do Seixal			X	X	
Proteção da Zona Balnear de Ponta Delgada				X	
Porto do Porto Santo	X	X	X	X	

De forma gráfica (Figura 5.1), podemos observar que das 18 estruturas portuárias identificadas, as funcionalidades que mais destaque apresentam são a Pesca e o Recreio, com valores muito próximos, 35,3% e 38,2%, respetivamente. Estas percentagens são facilmente justificáveis dado o grande número de pequenos portos e marinas distribuídos essencialmente pela costa sul da ilha da Madeira, que na maioria dos casos reúnem essas mesmas funções. A pesca praticada pelas embarcações que frequentam estes pequenos portos pode ser incluída em duas perspetivas, numa primeira mais lúdica (pesca desportiva), ou numa segunda sobretudo em pequenos aglomerados populacionais que se dedicam há várias gerações à faina. No entanto, tem-se notado um crescimento de infraestruturas dedicadas somente ao recreio e desporto náutico. Os principais portos da RAM (Porto do Funchal, Porto do Caniçal, Porto do Porto Santo) são estruturas que, devido à sua dimensão, conjugam várias funções. É notório que a função com menor percentagem seja o transporte de passageiros, com apenas 5,9%. Esta função refere-se ao turismo de cruzeiros e ainda ao transporte de passageiros entre ilhas, apenas operacionados no Porto do Funchal e do Porto Santo. O transporte de mercadorias por via marítima é sem dúvida uma função relevante, revelando-se ainda mais importante quando estamos na presença de territórios isolados, como são as ilhas. Esta função representa 11,8% e refere-se ao transporte de carga contentorizada, entre outros, realizada entre Portugal Continental e Ilhas. Por fim, restam apenas as funções designadas por outros, as quais representam 8,8% e correspondem a atividades como a reparação naval e, ainda, a título de exceção, o porto criado com uso exclusivo de socorros a náufragos.

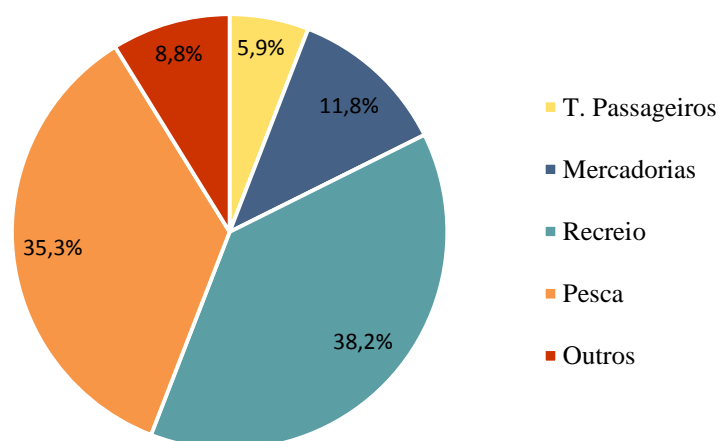


Figura 5.1 – Análise percentual das funcionalidades das estruturas portuárias da RAM.

5.3 Composição da Estrutura Portuária da RAM

No Quadro 5.3, está especificada a forma como são compostas as estruturas portuárias, isto é, se são constituídas apenas por um molhe-cais ou compostas pela conjugação de um molhe-cais com um contra-molhe.

Quadro 5.3 – Composição das estruturas portuárias da RAM.

Estrutura Portuária	Molhe-Cais	Contra-Molhe	Outros
Marina da Quinta do Lorde	X	X	
Porto do Caniçal	X	X	
Porto de Recreio Machico	X		
Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Naufrágos	X	X	
Cais Acostável de Santa Cruz	X		
Porto de Recreio de Santa Cruz	X		
Terminal Acostável do Porto Novo	X		
Porto do Funchal	X		
Marina do Funchal	X	X	
Estaleiro de Reparação Naval dos Socorridos			X
Cais Acostável da Ribeira Brava	X		
Marina do Lugar de Baixo	X	X	
Porto de Recreio da Calheta	X	X	
Cais Acostável do Paúl do Mar	X		
Porto do Porto Moniz	X		
Cais do Seixal	X		
Proteção da Zona Balnear de Ponta Delgada			X
Porto do Porto Santo	X	X	

De acordo com o anteriormente exposto, nesta dissertação os portos da RAM são todos artificiais, dada a sua morfologia. Estes portos são formados por quebramares convencionais, cuja finalidade passa pela criação de áreas onde a agitação seja reduzida, de maneira a facilitar as manobras e acostagem das embarcações.

Posto isto, dependendo da localização do porto, é evidente que para se conseguir obter níveis de menor exposição à agitação no interior das bacias criadas é necessário recorrer a mais do que uma estrutura (contra-molhe), nas situações em que não possam ser protegidas parcialmente pelas formas naturais do local. Neste contexto, o grau de abrigo também está intimamente relacionado com a importância que a estrutura portuária representa para a região onde está inserida.

Num formato sintetizado (Figura 5.2), verifica-se que num universo de 18 estruturas portuárias analisadas, 9 ostentam apenas molhe-cais, enquanto 7 possuem em simultâneo molhe e contra-molhe. As restantes (2) são estruturas que não se inserem em nenhum dos casos anteriores; são o caso do estaleiro de reparação naval dos Socorridos (Câmara de Lobos) e o quebramar de proteção da zona balnear de Ponta Delgada. O primeiro por ser uma estrutura singular, à qual não é possível fazer a acostagem de embarcações. Este apenas possui uma rampa que permite a aproximação das embarcações, de modo que estas possam ser içadas através de um sistema próprio para o efeito. No segundo caso, embora tenha sido construído somente com a finalidade de proteger a zona balnear supracitada, ao ter criado uma zona abrigada, proporcionou o aglomerado populacional daquela freguesia a atracação de forma rudimentar das suas pequenas embarcações de pesca artesanal. Embora tenha sido atribuído no ponto 5.2, a funcionalidade de Pesca a esta infraestrutura não dever ser considerada como um molhe-cais, até porque a “cota de serviço” é desconhecida.

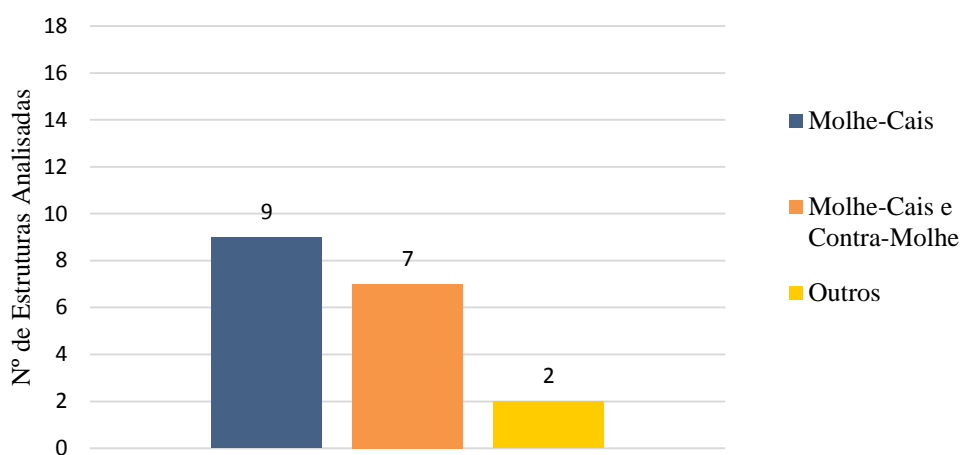


Figura 5.2 – Composição das estruturas portuárias da RAM.

5.4 Tipos e Funções dos Quebramares

De acordo com o tópico 2.2 e subtópicos subsequentes, são caracterizados os tipos de quebramares portuários convencionais. Neste contexto, na Figura 5.3 é apresentada a distribuição dos tipos de quebramares portuários existentes na RAM, sendo manifestamente perceptível uma superioridade na aplicação de quebramares de estrutura mista, em relação aos restantes. Dos 18 quebramares portuários analisados, 14 correspondem a quebramares de estrutura mista (77,8%), 3 correspondem a quebramares mistos (16,7%) e apenas 1 corresponde a quebramar de taludes (5,5%). Esta divergência de valores é justificável pela grande aplicação na RAM de quebramares do tipo de estrutura mista, com um perfil transversal tipo idêntico, variando apenas nas dimensões, constituído por um talude de proteção composto por filtros e essencialmente pelo manto resistente que permite a dissipação de energia da agitação incidente. Beneficiam igualmente de, na parte interior do quebramar, serem constituídos por caixotões (verticais) ou semelhante que permitem acostagem de embarcações, e ainda de ostentarem uma superestrutura com muro cortina que visa minimizar os galgamentos.

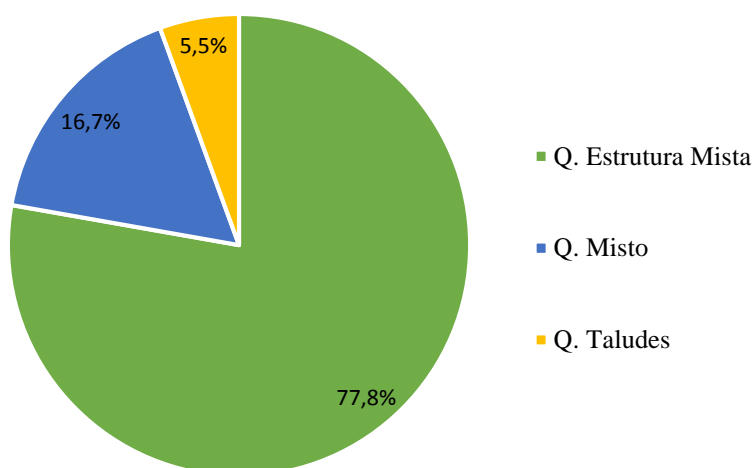


Figura 5.3 – Análise percentual do tipo de quebramares portuários existentes na RAM.

No que tange à função dos quebramares portuários da RAM (Figura 5.4), estes acumulam maioritariamente duas funções (88,9%), a de proteção à agitação incidente (proteção da zona costeira) onde estão inseridos juntamente com a função de acostagem de embarcações, embora nalguns casos sobretudo em marinas, a acostagem não seja direta à estrutura do quebramar, mas sim mediante uma estrutura flutuante. Os 11,1% refletem-se sobre as 2 estruturas que não permitem a acostagem de embarcações, sendo eles o quebramar do estaleiro de reparação naval dos Socorridos e o quebramar de proteção da zona balnear de Ponta Delgada, que se transforma num pequeno porto improvisado durante alguns meses do ano (utilização sazonal).

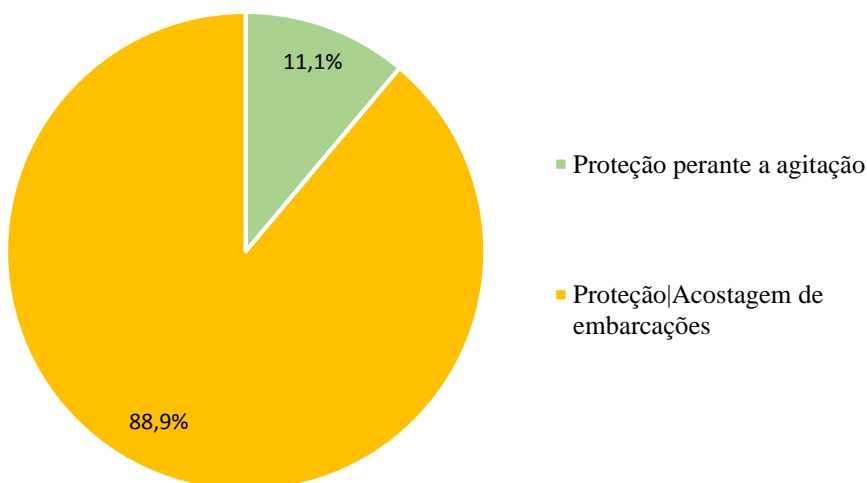


Figura 5.4 – Análise percentual da função dos quebramares portuários existentes na RAM.

5.5 Critério Estabelecido – Classificação do Manto Resistente

Os critérios estabelecidos aquando da formulação do modelo de ficha tinha como objetivo simplificar a interpretação e permitir uma identificação rápida do tipo de estrutura em causa.

Recapitulando a base do critério de classificação do manto resistente, este consistia em separar os quebramares consoante a presença ou não de um manto resistente na sua estrutura, atribuindo a designação “Tipo I” ou “Tipo II”, respetivamente.

Deste modo, na Figura 5.5 podemos observar de forma percentual essa distinção entre os quebramares do “Tipo I”, e o “Tipo II”. Nesta análise, é notória a discrepância de percentagens, dado que os quebramares do “Tipo II” detêm uma percentagem superior a 4/5 da percentagem total, evidenciando uma percentagem de 83,3%. Em valor, corresponde a 15 quebramares com manto resistente. Os restantes 16,7% correspondem a quebramares sem manto resistente. Estes dados comprovam que a maioria dos quebramares construídos foram dimensionados, admitindo incidência direta da agitação marítima (ondulação).

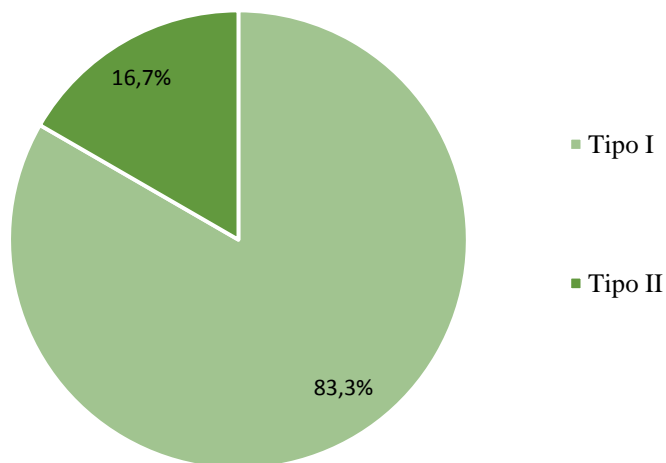


Figura 5.5 – Análise percentual da classificação das estruturas relativamente ao manto resistente dos quebramares portuários da RAM.

Após a distinção da presença ou não de manto resistente nas estruturas, segue-se a classificação dos quebramares de “Tipo I”, consoante a natureza dos blocos desse mesmo manto resistente.

Pela análise gráfica da Figura 5.6, é possível verificar que na RAM os blocos artificiais de betão predominam como material utilizado na conceção do manto resistente com uma percentagem igual a 93,3%, sendo apenas 6,7% dos mantos resistentes constituídos por enrocamento. Outro facto que é possível retirar da Figura 5.6 refere-se ao tipo de bloco utilizado, sendo que 60% dos quebramares que apresentam manto resistente, o mesmo é composto por blocos cúbicos “Antifer”, e aproximadamente metade dessa percentagem corresponde a tetrápodes.

Desta análise, podem ser retiradas duas conclusões: a utilização preferencial em blocos artificiais de betão pode estar intimamente ligada à dificuldade em se conseguir obter material rochoso em pedreiras com as dimensões e características necessárias, em quantidades suficientes, e assim se ter optado pela aplicação de blocos artificiais de betão. Outra conclusão remete-se para a predominância dos cubos “Antifer”, com uma aplicação de sensivelmente 2/3 do total dos blocos aplicados nos mantos resistentes. Isto leva a crer que a opção deste tipo de bloco é justificável pelas maiores exigências ao nível do peso e de robustez exigida num manto, principalmente na costa Norte da ilha da Madeira, pois encontra-se exposta à agitação marítima dominante, proveniente dos rumos de N e NW, violenta e muito persistente.

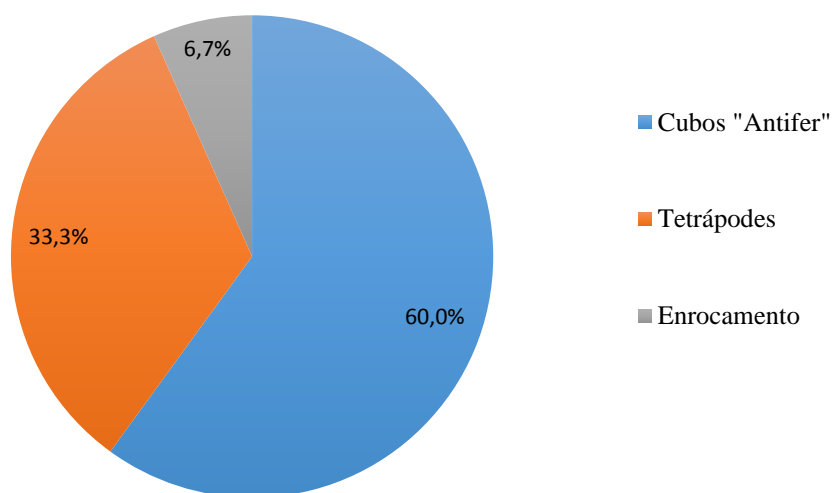


Figura 5.6 – Análise percentual da composição dos mantos resistentes dos quebramares portuários da RAM.

Finalizando, com a última análise do critério até então estabelecido, resta apenas revelar os resultados da divisão do peso por classes. Assim, na Figura 5.7 é possível observar a distribuição dos pesos dos blocos que constituem o manto resistente. De salientar que 40,1% dos blocos pertencem à classe 3, correspondendo ao intervalo de [150 – 225[kN. É notória a existência de uma distribuição igual dos pesos dos blocos entre as classes 1, 2, 5 e 6.

No entanto, é de realçar a classe 6, onde se inserem os blocos com maior peso, correspondendo a um peso igual ou superior a 375 kN. Os quebramares que constam nesta classe estão ambos localizados na costa Norte da ilha da Madeira, nomeadamente no quebramar do porto do Porto Moniz e no quebramar do cais do Seixal, com os respetivos pesos de 500 kN e 400 kN.

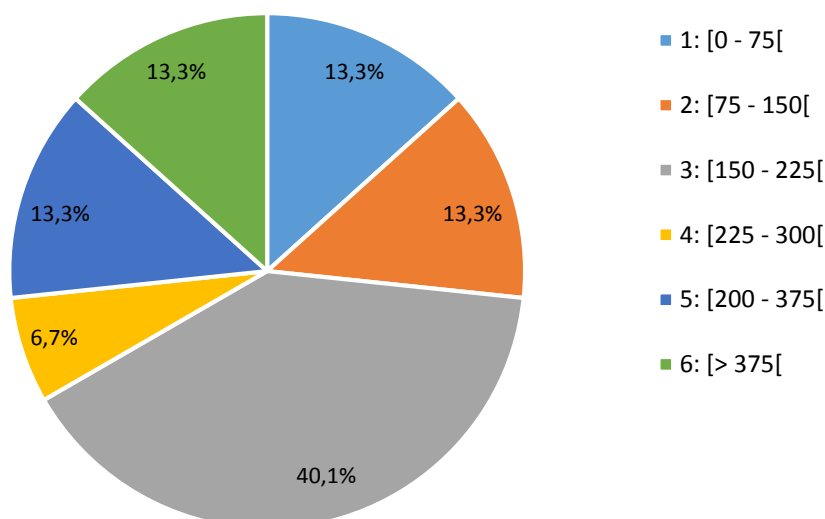


Figura 5.7 – Repartição do peso por classes dos blocos do manto resistente dos quebramares portuários da RAM.

5.6 Características do Manto Interior

Relativamente à análise do manto interior dos quebramares, sem diferenciação no tipo de quebramar, isto é, quer seja de taludes, mistos ou de estrutura mista. Na Figura 5.8, são apresentados os materiais utilizados na construção do manto interior. O material mais utilizado é claramente o enrocamento com quase a totalidade da percentagem, correspondendo a 93,7% dos quebramares que foram possíveis identificar este parâmetro. Os restantes 6,3% dizem respeito a um manto interior composto por blocos cúbicos “Antifer”.

Esta superioridade na utilização de enrocamento no manto interior pode ser fundamentada por esta camada ter pesos muito reduzidos quando comparados com os mantos resistentes, podendo ser capaz de se fornecer por pedreira ou disponíveis no local em quantidade e dimensões pretendidas. Note-se que os pesos desta camada nas estruturas analisadas variam em extremos de 1 a 40 kN. Como os mantos interiores, especificamente nos casos em que não existam galgamentos, estão mais protegidos em relação à agitação, desta forma justifica-se o peso dos blocos serem inferiores.

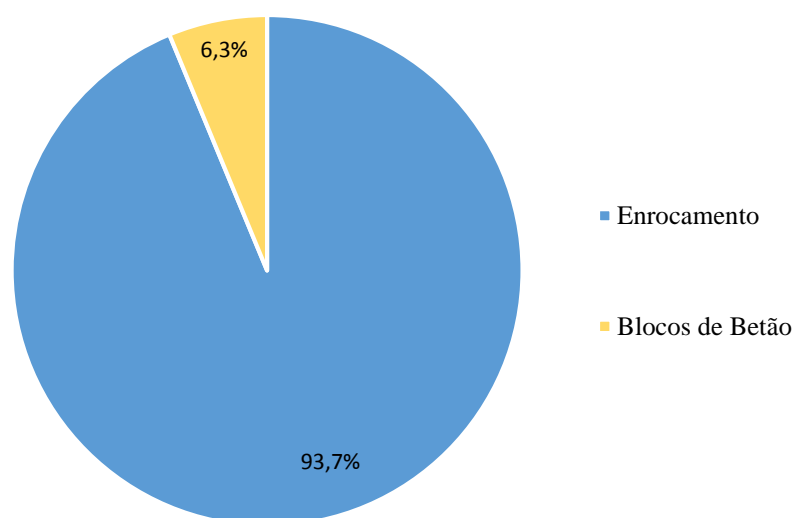


Figura 5.8 – Análise percentual do tipo de material utilizado nos mantos interiores dos quebramares portuários da RAM.

5.7 Inclinação do Manto Exterior vs Manto Interior

De forma análoga ao tópico anterior, nesta análise não será feita qualquer distinção entre tipos de quebramares. Assim, será tida em conta apenas a inclinação do manto exterior, que na maior parte dos casos será a inclinação da camada do manto resistente, e noutros será a o manto superior a barlar, embora totalmente submerso. Em relação à inclinação do manto interior, o mesmo se sucede.

Na Figura 5.9, são apresentadas a inclinações do manto exterior. É possível constatar que a inclinação predominante é a 2(H):1(V), com uma percentagem de 77,7%, que corresponde a

um ângulo de inclinação aproximado a $26,6^\circ$. Segue-se a inclinação 3(H):2(V) com 11,1%, formando um ângulo de $33,7^\circ$

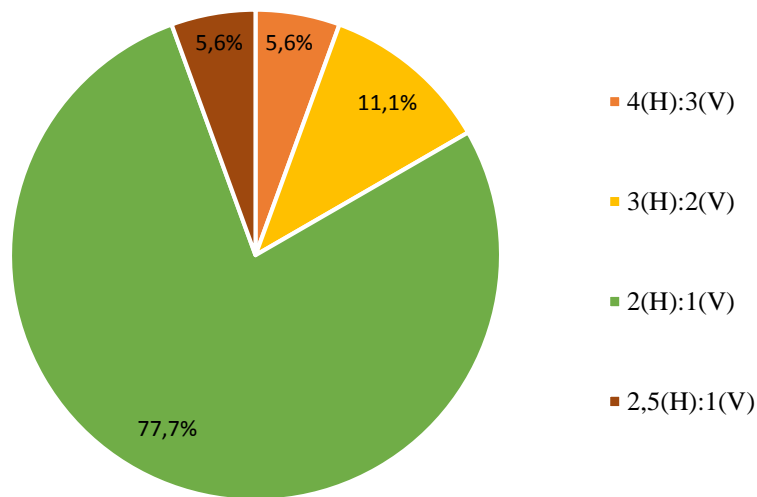


Figura 5.9 – Análise percentual da distribuição das inclinações do manto exterior.

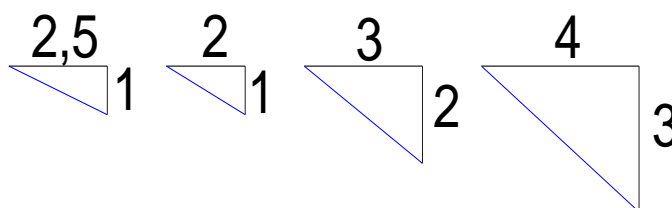


Figura 5.10 – Representação das inclinações do manto exterior.

De acordo com a Figura 5.11 e tendo em conta as percentagens das inclinações do manto interior, comparativamente com o manto exterior, já se encontra uma distribuição com menor distanciamento entre os valores das inclinações. As inclinações mais frequentes, embora com uma diferença percentual reduzida são a 4(H):3(V) e a 1(H):1(V), com percentagens de 40,1% e 33,3%, respetivamente. As restantes apresentam o mesmo valor percentual de 13,3% e ostentam igualmente inclinações mais moderadas.

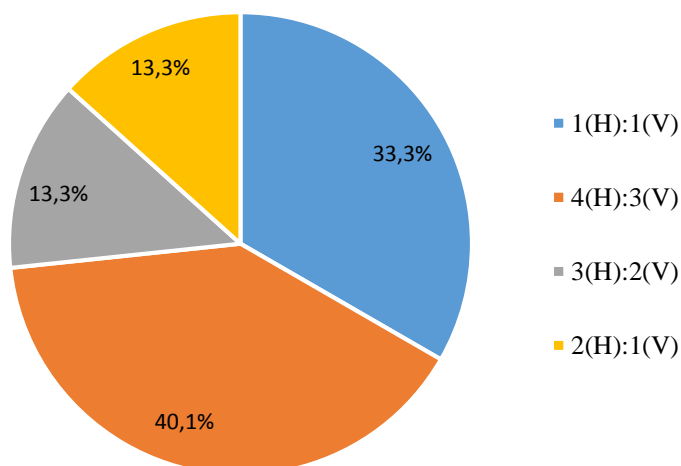


Figura 5.11 - Análise percentual da distribuição das inclinações do manto interior.

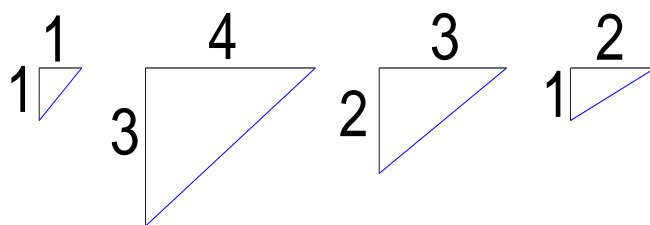


Figura 5.12 – Representação das inclinações do manto exterior.

Como forma de terminar a comparação entre as inclinações dos mantos, podemos observar que as inclinações mais frequentes nos mantos exteriores apresentam menores inclinações, $26,6^\circ$ (2(H):1(V)) e $33,7^\circ$ (3(H):2(V)), ao passo que no manto interior as maiores percentagens cabem às inclinações 4(H):3(V) e 1(H):1(V), que correspondem respetivamente aos ângulos $36,9^\circ$ e 45° . As inclinações mais suaves no talude anterior (barlamar) tornam-se benéficas, pois fazem com que a dissipação da energia da agitação marítima seja superior.

5.8 Onda de Projeto – Altura de Onda Significativa (Hs)

Em termos de agitação marítima, para efeitos de dimensionamento interessa conhecer a altura da onda junto às obras exteriores de proteção, como também as condições de abrigo que estas obras oferecem na bacia portuária que delimitam, de maneira a permitir uma utilização segura no estacionamento de embarcações.

A altura significativa é o parâmetro estatístico mais usual na caracterização da agitação marítima, no que diz respeito às alturas de onda. Define-se como a média do terço mais alto das alturas de onda que são registadas durante um período de temporal (CUNHA, 2009).

Como se pode observar no gráfico da Figura 5.13, este apresenta as alturas de onda significativas de projeto, utilizadas no dimensionamento das estruturas portuárias da RAM. De referir que estes foram os dados mais difíceis de obter, existindo algumas estruturas onde o mesmo não foi possível identificar.

Do referido gráfico, observa-se: o maior valor de Hs é de 9,0 m e corresponde ao quebramar do porto localizado em Porto Moniz, seguindo-se o valor de 8,1 m, também localizado num quebramar no mesmo concelho. Estes dois valores mostram que a costa norte da ilha da Madeira está sujeita a um regime de alguma violência, particularmente no período de inverno, como aliás seria de esperar.

Os valores de Hs dos principais portos da RAM, localizados na vertente sul da ilha, e outro na ilha de Porto Santo, apresentam valores na ordem dos 7,4 – 7,8 m, valores que estão ligados diretamente ao grau de importância e da dimensão da obra.

Quanto ao valor mais baixo, este corresponde ao quebramar da marina do Funchal com Hs de 4,6 m. Podemos associar que este valor se deve ao facto de esta marina se encontrar no interior do porto do Funchal e estar parcialmente protegida pelo mesmo.

Podemos estabelecer uma relação com o tópico 5.4 deste mesmo capítulo. Como seria de prever, o peso dos blocos do manto resistente dos quebramares é proporcional à altura de onda significativa de projeto, isto é, para maiores Hs correspondem maiores pesos dos blocos que compõem o manto resistente.

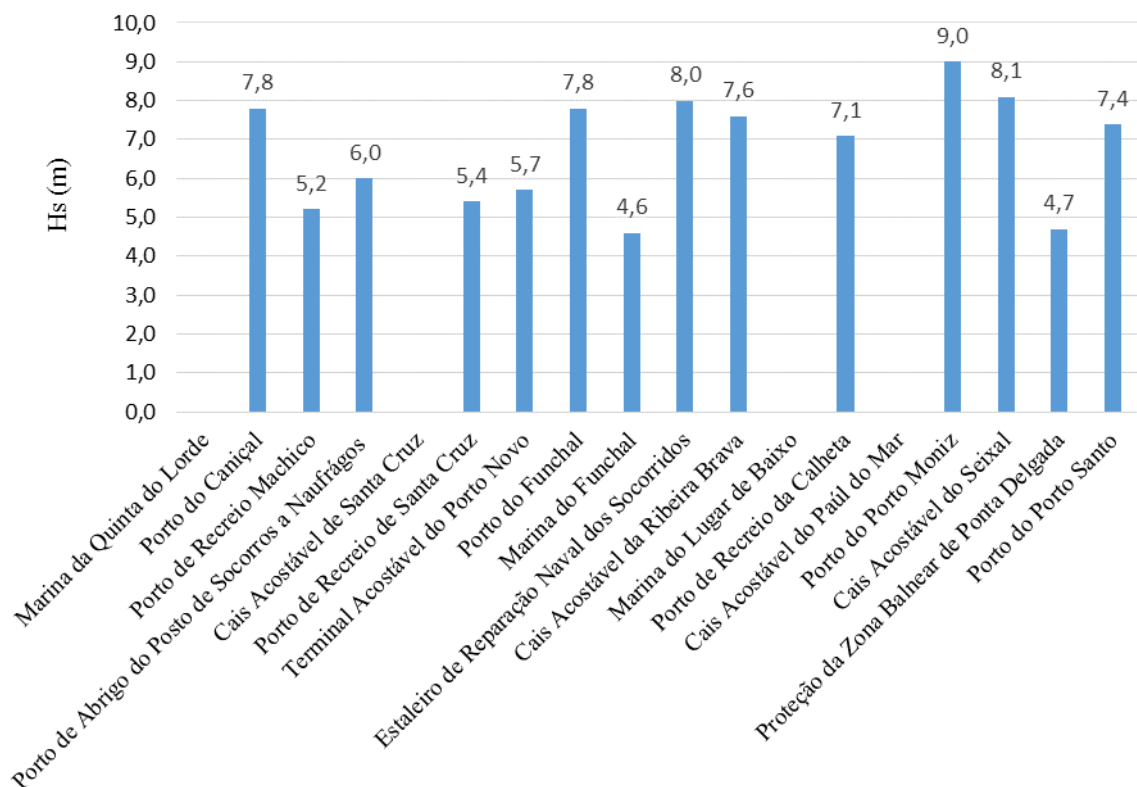


Figura 5.13 – Alturas de ondas significativas Hs, dos quebramares portuários da RAM.

5.9 Comprimento dos Quebramares

O comprimento dos quebramares depende do grau de importância imputado a cada estrutura portuária. Neste contexto, são tidos em consideração a localização do mesmo e o nível de abrigo pretendido e da área a proteger.

Na Figura 5.14, é apresentada de forma gráfica a distribuição por intervalos dos comprimentos dos quebramares portuários da RAM. Os comprimentos dos quebramares analisados neste tópico correspondem à distância desde o enraizamento até à cabeça, e não apenas ao interior acostável. O intervalo que maior número de quebramares detém compreende os comprimentos entre os 100 e os 200 m, num total de 10 dos 18 quebramares analisados.

O intervalo onde constam os quebramares com comprimentos superiores a 400 m, nele estão inseridos fundamentalmente os principais portos da RAM. É o caso do quebramar do porto do

Funchal, com cerca de 950 m, seguindo-se o quebramar do molhe exterior do porto do Porto Santo, com um comprimento aproximado de 900 m; o quebramar do molhe exterior do porto do Caniçal, com 810 m, e ainda dentro deste intervalo, embora com um valor substancialmente inferior aos anteriores, encontra-se o quebramar da marina do Lugar de Baixo, com um comprimento aproximado de 480 m.

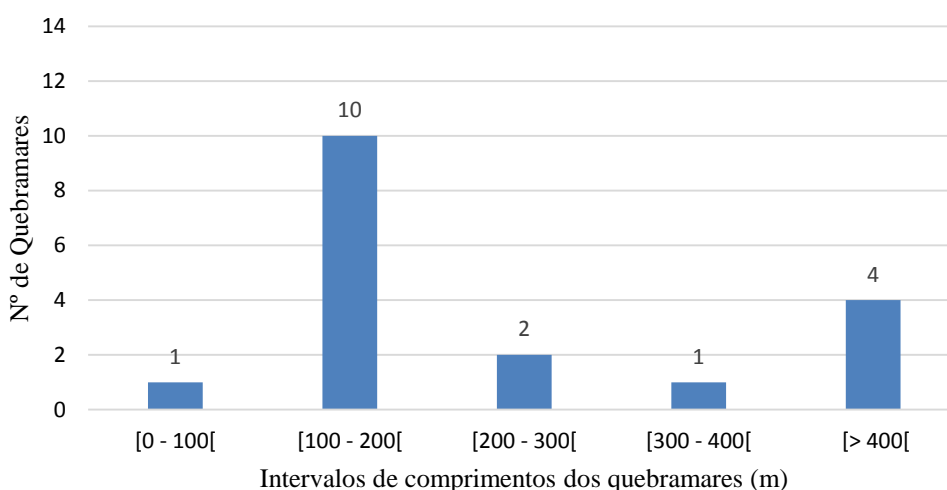


Figura 5.14 – Repartição por classes dos comprimentos dos quebramares portuários da RAM.

5.10 Largura Útil da Superestrutura

No que respeita à largura útil da superestrutura, entenda-se como sendo a largura da plataforma de circulação, na qual se possa deslocar pedonal ou através de um meio de transporte de maneira a poder executar tarefas inerentes para as quais essa estrutura esteja destinada.

Como se pode constatar no gráfico da Figura 5.15, este apresenta a repartição por classes das larguras úteis das superestruturas. A maioria dos quebramares analisados apresentam superestruturas com larguras úteis a variar entre os 5 e os 10 m, que correspondem a pequenos portos, marinas e terminais secundários.

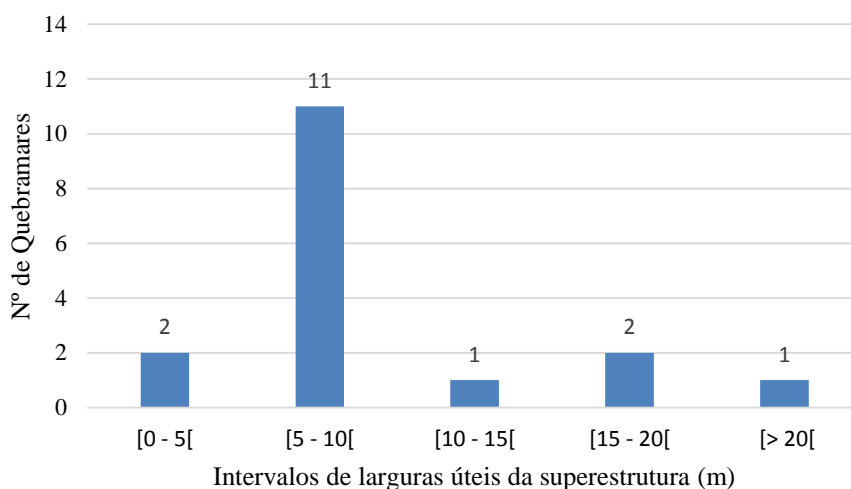


Figura 5.15 – Repartição por classes das larguras úteis da superestrutura, dos quebramares portuários da RAM.

Como seria expectável, os portos polivalentes (como é o caso do porto do Funchal), apresentam larguras superiores. Este possui uma largura útil aproximada de 35,50 m. Neste caso em particular, estão construídas sobre a superestrutura várias infraestruturas, como é o caso da gare marítima do porto do Funchal (Figura 5.16). Este edifício tem como principal função a receção e acolhimento dos passageiros dos navios de cruzeiro, permitindo que as operações de embarque e desembarque de passageiros se processem de forma eficaz, com comodidade e segurança.



Figura 5.16 – Gare marítima do porto do Funchal.

5.11 Cotas de Coroamento

Outra análise realizada, em relação aos quebramares analisados diz respeito à cota de coroamento do quebramar. Esta refere-se à cota máxima do quebramar, que neste estudo correspondeu à cota do muro cortina, à exceção de um caso que por não a ostentar, considerou-se a cota de coroamento como sendo a cota da plataforma (quebramar de taludes de proteção da zona balnear de Ponta Delgada).

As cotas de coroamento são definidas na fase de projeto e variam de acordo com a utilidade que terá a estrutura, podendo admitir ou não galgamentos.

Na análise gráfica da Figura 5.17, é evidente que a maioria dos quebramares portuários da RAM têm as cotas de coroamento a variar entre as cotas 6 e 9 m (ZH). Neste intervalo, estão incluídas as marinas e a maioria dos pequenos portos distribuídos pela ilha da Madeira. É natural que para garantir uma proteção total aos galgamentos provocados pela agitação marítima, seria necessário aumentar a cota de coroamento do muro cortina para valores superiores, o que criaria uma barreira visual pouco agradável para os utilizadores. Então, o que normalmente é realizado sob o ponto de vista estético é um aligeirar da cota de coroamento, admitindo-se a possibilidade de ocorrência de galgamentos, nos casos em que o grau de utilização da estrutura assim o permita.

Em contrapartida, os principais portos da RAM estão protegidos por muros cortina com cotas de coroamento superiores, encontrando-se todos no intervalo de 9 a 12 m (ZH). Dada a sua utilização comercial, e importância económica que representam para a RAM, indicam-se os respetivos portos e cotas de coroamento associadas:

- Quebramar do Porto do Funchal | 11,00 m (ZH);
- Quebramar do Porto do Porto Santo | 10,50 m (ZH);
- Quebramar do Porto do Caniçal | 10,00 m (ZH).

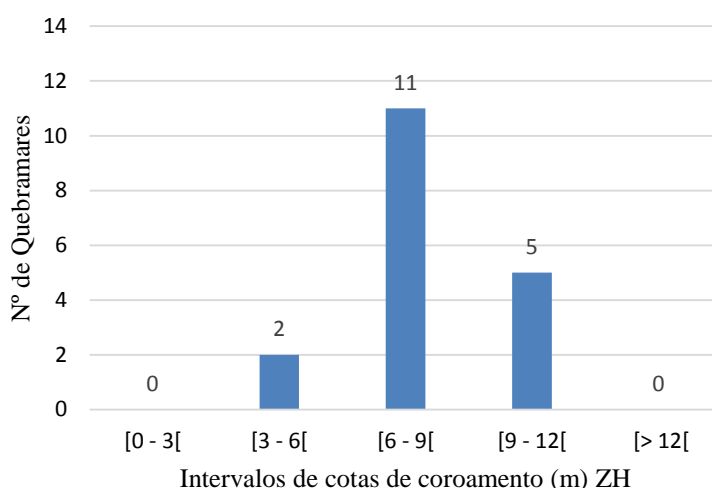


Figura 5.17 – Repartição por classes das cotas de coroamento, dos quebramares portuários da RAM.

Os outros dois quebramares que ainda beneficiam de cotas de coroamento entre os 9 e 12 m (ZH) são o quebramar do porto do Porto Moniz e o quebramar do estaleiro de reparação naval dos Socorridos em Câmara de Lobos, com 10,00 m (ZH) e 9,00 m (ZH), respetivamente.

5.12 Cotas de Serviço

A última análise refere-se às cotas de serviço dos quebramares portuários acostáveis da RAM. A cota de serviço pode ser definida como sendo a profundidade a que o cais ou molhes estão dragados abaixo do zero hidrográfico (expressa em números negativos), de modo a permitir a acostagem de navios e embarcações e a flutuação livre dos mesmos.

No gráfico da Figura 5.18, podemos observar a distribuição por classes das cotas de serviço dos quebramares analisados. Os valores para a elaboração desta análise foram retirados dos perfis transversais reunidos. É notório que o maior número de estruturas apresentam cotas de serviço entre os -3 a -9 m (ZH), porém maiores cotas de serviço refletem possibilidade de atracação de navios e embarcações com calados⁴ superiores, daí podermos fazer a interligação do valor das

⁴ Calado – profundidade de um navio abaixo da linha de água, medida na vertical até à parte mais baixa do casco, hélices, ou outros pontos de referência.

cotas de serviço com a função a que se destina a estrutura. Deste modo, o porto do Caniçal por ser o maior porto comercial da RAM, ao estar vocacionado para a receção de navios e movimentação portuária associada a operações de carga geral (contentorizada e fracionada), e ainda de granéis sólidos (cereais e cimentos). Apresenta a maior cota de serviço, com um valor de -13,40 m (ZH), seguindo-se o quebramar do porto do Funchal, com uma cota de serviço na ordem dos -11,00 m (ZH), preparado para receber navios de cruzeiro. O terminal do Porto Novo, destinado à descarga de granéis sólidos (areias), apresenta igualmente uma cota de serviço de -11,00 m (ZH).

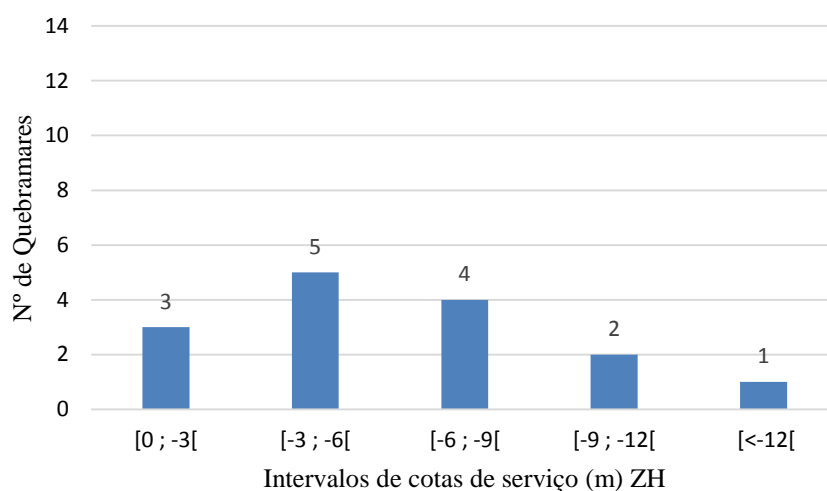


Figura 5.18 – Repartição por classes das cotas de serviço, dos quebramares portuários da RAM.

Capítulo 6

Conclusões, Considerações e Desenvolvimentos

Futuros

6.1 Conclusões

Nas últimas duas décadas, veio a registar-se um grande investimento ao nível das estruturas portuárias na RAM, contribuindo para o desenvolvimento local e regional. A construção de novos portos e marinas, e conseqüentemente a ampliação e melhoramento dos existentes, dotaram a RAM de um bom nível de estruturas desta natureza, a qual dispõe atualmente de um conjunto de estruturas portuárias com várias valências.

A presente dissertação focaliza-se no estudo dos quebramares aplicados a estruturas portuárias da RAM, os quais proporcionam proteção e criam áreas de reduzida agitação marítima, que facilitam as operações de acostagem dos navios e embarcações.

Foram identificados e analisados um total de 18 quebramares, 17 dos quais localizam-se na ilha da Madeira e 1 na ilha de Porto Santo.

A base de dados criada pretende ser uma coletânea de informação sobre os quebramares com aplicação portuária, construídos na RAM. Nesse sentido, surgiu a necessidade de desenvolver uma ficha de inventário, por forma a possibilitar uma descrição simples dos diversos casos alvos deste estudo.

Após a concretização da base de dados, foi elaborado um estudo comparativo das várias soluções aplicadas dos quebramares portuários da RAM, onde constam inicialmente a análise das funções das estruturas portuárias e composição das mesmas, seguindo-se a análise do tipo e funções dos quebramares, os critérios adotados para a classificação do manto resistente, bem como a análise das inclinações do manto interior e exterior. Depois, analisaram-se o valor da altura de significativa (Hs), os comprimentos, larguras úteis, cotas de coroamento e cotas de serviços dos quebramares.

De um modo geral, desta análise pode concluir-se que as estruturas portuárias da RAM apresentam as funcionalidades de recreio (38,2%) e pesca (35,3%) como as principais, porém são de realçar outras com menores percentagens, como são o caso do transporte de mercadorias (11,8%) e o transporte de passageiros (5,9%), estes últimos fundamentais para a economia da região.

A escolha do tipo de quebramar está associado às funções a que se destina, como também às condições do local a construir. Neste contexto, foi possível concluir que na RAM, 77,8 % dos quebramares portuários são do tipo de estrutura mista, seguindo-se os quebramares mistos (16,7%) e de taludes com 5,5%.

Quanto à função dos quebramares, verificou-se uma clara conjugação de funções, entre proteção e acostagem de embarcações, com 88,9%, e somente 11,1% dos quebramares têm função de proteção.

De acordo com o critério de caracterização do manto resistente das estruturas, concluiu-se que 83,3% das estruturas apresentam manto resistente, correspondendo ao “Tipo I”, e cerca de 16,7% pertencem ao “Tipo II”. Das que possuem manto resistente, 93,3% são constituídas por blocos artificiais de betão e apenas 6,7% por enrocamento. Concluiu-se ainda que, dos 93,3% dos blocos artificiais de betão, 60% correspondem a blocos cúbicos “Antifer” e 33,3% a tetrápodes, o que pode levar a afirmar que a escolha do tipo de bloco tem recaído por blocos maciços em detrimento de blocos esbeltos. Os primeiros garantem a estabilidade, principalmente pelo seu peso próprio, enquanto a estabilidade dos segundos está associada à capacidade de interligação dos blocos.

Relativamente ao peso dos blocos do manto resistente, foi possível concluir que 40,1% dos blocos se encontram no intervalo de 150 a 225 kN. Os blocos com maior peso pertencem à classe com peso superior a 375 kN, com 400 e 500 kN, e correspondem ambos a estruturas localizadas na costa Norte da ilha da Madeira.

Perante a análise efetuada, foi possível concluir que o manto interior dos quebramares é constituído na sua maioria por enrocamento com 93,7% e os restantes 6,3% por blocos artificiais de betão.

No que se refere às inclinações, podemos estabelecer uma relação entre os mantos exterior e interior e conclui-se que a inclinação predominante no manto exterior é 2(H):1(V) com 77,7% dos casos analisados, que corresponde a um ângulo de 26,6°, enquanto que no manto interior as inclinações 4(H):3(V) (40,1%) e 1(H):1(V) (33,3%) são as mais aplicadas e correspondem respetivamente a 36,9° e 45°.

De acordo com os dados recolhidos, relativamente à altura significativa de projeto, podemos concluir que estas variam entre os 4,6 e os 9,0 m, e que o peso dos blocos do manto resistente dos quebramares é proporcional à altura de onda significativa, isto é, para maiores H_s correspondem maiores pesos dos blocos que compõem o manto resistente.

No que concerne aos comprimentos dos quebramares, constata-se que a maioria se encontra no intervalo compreendido dos 100 aos 200 m, sendo o maior o quebramar do porto do Funchal, com um comprimento aproximado de 950 m, correspondendo igualmente à maior largura útil com 35,50 m.

Quanto às cotas de coroamento, estas variam entre +5,00 e +11,00 m (ZH), sendo que a média ronda os +7,70 m (ZH). As cotas de serviço estão compreendidas entre os -13,40 e -1,00 m (ZH).

6.2 Desenvolvimentos Futuros

Com a concretização desta dissertação, foram cumpridos os objetivos inicialmente propostos, contudo existe sempre algo a melhorar e daí fica o registo para trabalhos futuros, como melhoramento da base de dados desenvolvida (modelo de ficha técnica).

Tratando-se de uma base de dados, esta foi produzida com vista ao seu desenvolvimento futuro, nomeadamente na recolha de novos casos, em particular de quebramares que se encontrem em fase de construção no decorrer desta tese, e se possível completar os que não se encontram totalmente preenchidos. Outra abordagem a poder ser desenvolvida, passa pela extensão da base de dados aos quebramares construídos apenas com função de proteção da zona costeira.

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação poderia ser um pressuposto para uma criação de uma base de dados, informatizada. Podendo esta vir a revelar-se uma mais-valia, quer para a valorização do trabalho desenvolvido, quer como base para possíveis novas intervenções nos quebramares atuais, bem como nos novos que venham a ser construídos.

Referências Bibliográficas

APRAM. (2009). *Relatório de Sustentabilidade 2009*. Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A. Funchal.

APRAM. (2012). *Estudo da Agitação Marítima na Costa Sul da Ilha da Madeira*. Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, Funchal.

APRH. (2013). *Gestão Costeira Integrada*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. [Online] (2013). Acedido: 20 de abril de 2013, em URL: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/quebra-mar.html>.

APRH. (2013). *Gestão Costeira Integrada*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. [Online] (2013). Acedido: 25 de maio de 2013, em URL: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>.

CIRIA, CUR e CETMEF. (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London.

CORREIA, C e SOARES, C. (2012). *Colaboração APRAM – IH: um contributo importante na monitorização do meio marinho na Região Autónoma da Madeira*. 2.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Instituto Hidrográfico, Lisboa, pp. 97-100.

CORREIA, N. (2009). *Soluções alternativas para o prolongamento de quebramares de taludes*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Porto. Faculdade de Engenharia Universidade Porto. Porto

CRUZ, D. (2008). *Estruturas Portuárias - Possibilidades e Desafios no Dimensionamento de Quebramares*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Departamento Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Aveiro.

CUNHA, P. (2009). *Dimensionamento Optimizado de Quebramares de Taludes*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

FABIÃO, J. P. (2012). *Estabilidade Hidráulica do Manto de Quebra-Mares de Taludes*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

FREITAS, P.M. (2013). *Estabilidade Hidráulica de Cubos Antifer*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

FRENS, A. B. (2007). *The impact of placement method on Antifer-block stability*. Master of Science Thesis. TU Delft. Netherlands.

GOMES, F, V. (1981). *Espraiamento de Ondas Regulares sobre Taludes de Obras Marítimas*. Dissertação para Doutoramento em Hidráulica Aplicada. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

GOMES, F, V. (2008). *Quebramares*. Apontamentos da Unidade Curricular de Trabalhos Marítimos 1, 5º ano da opção de Hidráulica do Mestrado Integrado em Engenharia Civil. FEUP. Porto.

INSTITUTO HIDROGRÁFICO. (2013). *Hidrográfico Marinha.Portugal*. [Online] (2013). Acedido: 20 de junho de 2013, em URL: <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>.

LEMOS, R e SANTOS, J, A. (2007). *ANOSOM - Análise da observação sistemática de obras marítimas*. 5ªs Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária. Lisboa.

LIMA, M. (2011). *Programação de Métodos de Pré-Dimensionamento de Obras Costeiras*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Departamento Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Aveiro.

LOPES, H. G. (2005). *Ensaio em Modelo Físico do Comportamento Hidráulico e Estrutural do Quebra-Mar Norte do Porto de Leixões*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

LOUSADA, S. A. N. (2012). *Apontamentos da Unidade Curricular de Obras Marítimas do Mestrado em Engenharia Civil*. Universidade da Madeira. Madeira.

LREC. (s.d). *Observação Sistemática de Obras Marítimas na Região Autónoma da Madeira.* Memorando. Laboratório Regional Engenharia Civil. Madeira.

PEREIRA, G. S. (2008). *Projecto de um Quebramar Destacado de Protecção para a Frente Marítima de Espinho.* Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

PINTO, F e NEVES, A. (2003). *A Importância da Consideração do Carácter Irregular da Agitação.* Universidade do Minho. Guimarães. pp. 95-111.

PINTO, F, T. (2000). *Dimensionamento Hidráulico e Estrutural de Quebramares de Taludes.* Dimensionamento Hidráulico e Estrutural de Quebramares de Taludes. Porto.

PINTO, F, T. (2011). *Quebramares Verticais. Aulas práticas da Unidade Curricular de Trabalhos Marítimos 2 da opção de Hidráulica do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil (1ª aula).* Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto.

PITA, C. (1986). *Dimensionamento Hidráulico do Manto Resistente de Quebra-Mares de Taludes.* Memória do LNEC nº 670, LNEC. Lisboa.

RAMOS, R. (2009). *Potencialidades e Condicionamentos Físicos do Desenvolvimento Portuário da Região Autónoma da Madeira.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade Porto. Porto.

RIBEIRO, M e RAMALHO, M. (2007). *Uma Visita Geológica ao Arquipélago da Madeira: Principais Locais Geo-Turísticos.* DRCIERAM / INETI. Madeira.

RIBEIRO, T. (2011). *Processos de Construção e Fiscalização de Obras Portuárias.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

SOUSA, J. (2004). *O Porto do Funchal no contexto do Sistema Portuário Insular e Regional: As infraestruturas, os tráfegos e as funções portuárias.* Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Geografia e Planeamento Regional. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

TEIXEIRA, R, A, F. (2012). *Quebramares Portugueses. Inventário e Análise Comparativa de Soluções.* Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

TORRES, C e ANDRADE, C. (2010). *Processo de decisão de Análise Espacial na selecção de áreas óptimas para a Aquacultura Marinha: O exemplo da Ilha da Madeira.* Revista de Gestão Costeira Integrada. Vol. 10, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI, pp. 322-329.

USACE. (2006). *Coastal Engineering Manual (CEM).* Washington, DC : U. S. Army Corps of Engineers.

VIEIRA, M. (2012). *Cálculo de forças em superestruturas de quebra-mares de talude.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A. (2011). *Intervenção na Ribeira de São João.* Obras Marítimas (Memória Descritiva e Justificativa). Volume III, Secretaria Regional Equipamento Social (SRES). - Funchal.

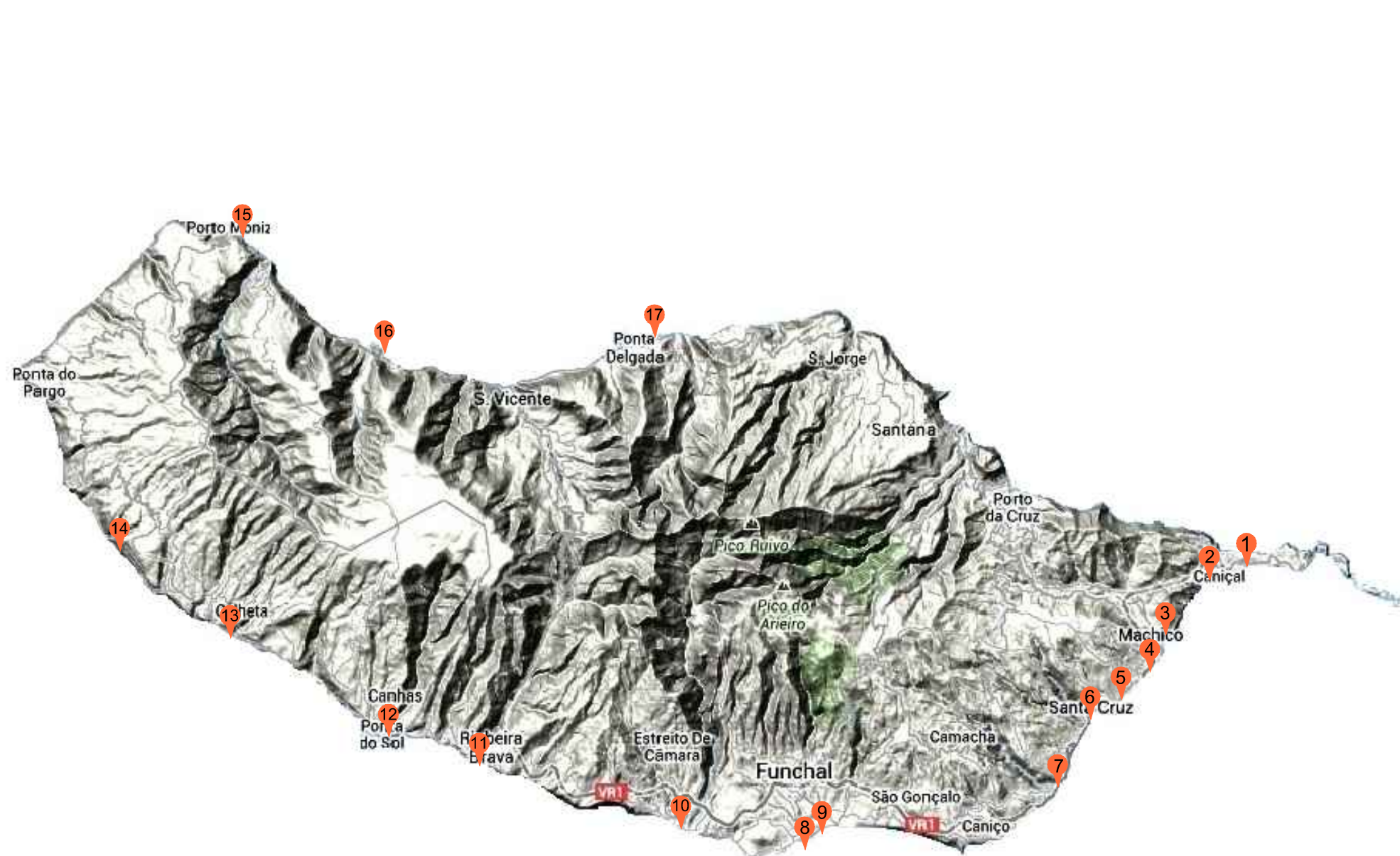
WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A. (2011). *Intervenção nas Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes.* Obras Marítimas (Memória Descritiva e Justificativa). Volume III, Secretaria Regional Equipamento Social (SRES). Funchal.

Anexos

Anexo A

Mapa geral com a localização dos quebramares portuários da RAM

MAPA GERAL COM A LOCALIZAÇÃO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA RAM



Legenda:

- 1 Marina da Quinta do Lorde (Machico);
- 2 Porto do Caniçal (Machico);
- 3 Porto de Recreio de Machico (Machico);
- 4 Porto de Abrigo do Posto Socorros a Naufrágos (Santa Cruz);
- 5 Cais Acostável de Santa Cruz (Santa Cruz);
- 6 Marina de Santa Cruz (Santa Cruz);
- 7 Terminal Acostável do Porto Novo (Santa Cruz);
- 8 Porto do Funchal (Funchal);
- 9 Marina do Funchal (Funchal);
- 10 Estaleiro de Reparação Naval dos Socorridos (Camãra de Lobos)
- 11 Cais Acostável da Ribeira Brava (Ribeira Brava);
- 12 Marina do Lugar de Baixo (Ponta do Sol);
- 13 Porto de Recreio da Calheta (Calheta);
- 14 Cais Acostável do Paúl do Mar (Calheta);
- 15 Porto do Porto Moniz (Porto Moniz);
- 16 Cais Acostável do Seixal (Porto Moniz);
- 17 Proteção da Zona Balnear de Ponta Delgada (Abrigo para embarcações de pesca "Sazonal") (São Vicente);
- 18 Porto do Porto Santo (Porto Santo).

Anexo B



Lista do inventário – quebramares portuários da RAM

Lista do inventário - quebramares portuários da RAM

Inventário	Localização (Concelho)	Quebramar	Ano de Construção	Tipo de Quebramar	Manto Resistente (kN)	Cota de Coroamento	Onda de Projeto (Hs)	Função do Quebramar	Página
1	Machico (32°44' N; 16°42' W)	Quebramar da Marina da Quinta do Lorde	2001-2002	Estrutura Mista	Blocos Antifer 160	+8,00 m (ZH)	-	Proteção Acostagem de embarcações	121
2	Machico (32°43' N; 16°44' W)	Quebramar do Porto do Caniçal	1997-2006	Misto	N/A	+10,00 m (ZH)	7,8 m	Proteção Acostagem de embarcações	125
3	Machico (32°43' N; 16°45' W)	Quebramar do Porto de Recreio Machico	-	Estrutura Mista	Blocos Antifer 75	+6,00 m (ZH)	5,2 m	Proteção Acostagem de embarcações	129
4	Santa Cruz (32°41' N; 16°46' W)	Quebramar do Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Naufrágos	2005-2006	Estrutura Mista	Tetrápodes 200	+7,00 m (NM)	6,0 m	Proteção Acostagem de embarcações	133
5	Santa Cruz (32°41' N; 16°47' W)	Quebramar do Cais Acostável de Santa Cruz	-	Estrutura Mista	Tetrápodes 160	+7,00 m (ZH)	-	Proteção Acostagem de embarcações	137
6	Santa Cruz (32°41' N; 16°47' W)	Quebramar do Porto de Recreio de Santa Cruz	-	Estrutura Mista	Tetrápodes 160	+6,50 m (ZH)	5,4 m	Proteção Acostagem de embarcações	141
7	Santa Cruz (32°39' N; 16°48' W)	Quebramar do Terminal Acostável do Porto Novo	-	Estrutura Mista	Enrocamento 40 a 60	+6,00 m (ZH)	5,7 m	Proteção Acostagem de embarcações	145
8	Funchal (32°38' N; 16°54' W)	Quebramar do Porto do Funchal	1991/1997	Estrutura Mista	Tetrápodes 250	+11,00 m (ZH)	7,8 m	Proteção Acostagem de embarcações	149
9	Funchal (32°38' N; 16°54' W)	Quebramar da Marina do Funchal	-	Estrutura Mista	Tetrápodes 160	+ 5,40 m (ZH)	4,6 m	Proteção Acostagem de embarcações	155
10	Câmara de Lobos (32°38' N; 16°58' W)	Quebramar do Estaleiro de Reparação Naval dos Socorridos	2003-2004	Estrutura Mista	Blocos Antifer 300	+9,00 m (ZH)	8,0 m	Proteção	159
11	Ribeira Brava (32°40' N; 17°3' W)	Quebramar do Cais Acostável da Ribeira Brava	2000-2001	Estrutura Mista	Blocos Antifer 200	+ 6,00 m (ZH)	7,6 m	Proteção Acostagem de embarcações	163
12	Ponta do Sol (32°40' N; 17°5' W)	Quebramar da Marina do Lugar de Baixo	2003-2004	Misto	N/A	+8,50 m (ZH)	-	Proteção Acostagem de embarcações	167
13	Calheta (32°43' N; 17°10' W)	Quebramar do Porto de Recreio da Calheta	2003-2005	Misto	N/A	+8,50 m (ZH)	7,1 m	Proteção Acostagem de embarcações	171
14	Calheta (32°45' N; 17°13' W)	Quebramar do Cais Acostável do Paúl do Mar	2002-2004	Estrutura Mista	Blocos Antifer 200	+7,00 m (ZH)	-	Proteção Acostagem de embarcações	175
15	Porto Moniz (32°51' N; 17°9' W)	Quebramar do Porto do Porto Moniz	2002-2003	Estrutura Mista	Blocos Antifer 500	+10,00 m (ZH)	9,0 m	Proteção Acostagem de embarcações	179
16	Porto Moniz (32°49' N; 17°6' W)	Quebramar do Cais Acostável do Seixal	-	Estrutura Mista	Blocos Antifer 400	+7,00 m (ZH)	8,1 m	Proteção Acostagem de embarcações	185
17	São Vicente (32°49' N; 16°59' W)	Quebramar de Proteção da Zona Balnear de Ponta Delgada	2003-2004	Taludes	Blocos Antifer 60	+ 5,00 m (ZH)	4,7 m	Proteção	189
18	Porto Santo (33°3' N; 16°18' W)	Quebramar do Porto do Porto Santo	2007-2009	Estrutura Mista	Blocos Antifer 300	Variável (≅ +10,50 m (ZH))	7,4 m	Proteção Acostagem de embarcações	193

Anexo C

*Fichas de inventário dos quebramares portuários da
RAM*

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Marina da Quinta do Lorde		N.º <u>1</u> QEM
Localização	Concelho	Machico	
	Georreferenciação	Lat. 32°44' N / Long. 16°42' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Marina da Quinta do Lorde, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>Esta marina encontra-se localizada no extremo Sudeste da ilha da Madeira, inserida na Reserva Natural Parcial da Ponta de São Lourenço, a 4 km da vila piscatória do Caniçal, 10 km do aeroporto internacional e a 32 km (12 milhas marítimas) da cidade do Funchal.</p> <p>Esta infraestrutura de iniciativa privada apresenta 264 postos de acostagem capazes de receber embarcações dos 6 m aos 45 m. Os postos de acostagem encontram-se distribuídos por 7 pontões.</p> <p>A marina é constituída por um molhe (quebramar) com 315 m de comprimento e um contra-molhe com 40 m de comprimento, onde se localizam o cais de espera, o edifício de receção e a rampa de varagem com 10 m de largura.</p>			
Fontes de Informação	Somague - Engenharia Madeira, SA		
	AFA - AFAVIAS Engenharia e Construções, SA http://www.afa.pt consultado a 18 de abril de 2013 http://www.tpf.eu consultado a 30 de abril de 2013		

Adjudicatário*	Quinta do Lorde, SA		Custo Aproximado	4.000.000 €		
Entidade Executante	Em Consórcio: SOMAGUE S.A, ETERMAR S.A, AFA, S.A		Duração da Obra	2001 - 2002 (16 meses)		
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	3
Tipo de Solução	Quebramar Estrutura Mista					
Características Globais	Cota de Coroamento	+8,00 m (ZH)		Cota de Serviço	+2,00 m (ZH)	
	Comprimento	315,00 m		Largura	3,50 m	
	Manto Resistente	Blocos Antifer 160 kN		Inclinação	2(H):1(V)	
	Manto Interior	Enrocamento 1-3 kN		Inclinação	4(H):3(V)	
	Onda de Projeto (Hs)			Núcleo	T.O.T	
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem – 1.080 m³; Enrocamentos – 190.017 m³; Armaduras – 449.624 kg de aço A400NR Aterro – 9.150 m³ Betão em: Enchimentos – 3.690 m³; Aduelas – 2.132 m³; Superestrutura – 2.431 m³; Blocos Cúbicos Antifer de 160 kN – 20.347 m³; Blocos cúbicos – 100 m³.					
Perfil Transversal						
Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.						

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 20/06/2013

Planta Geral

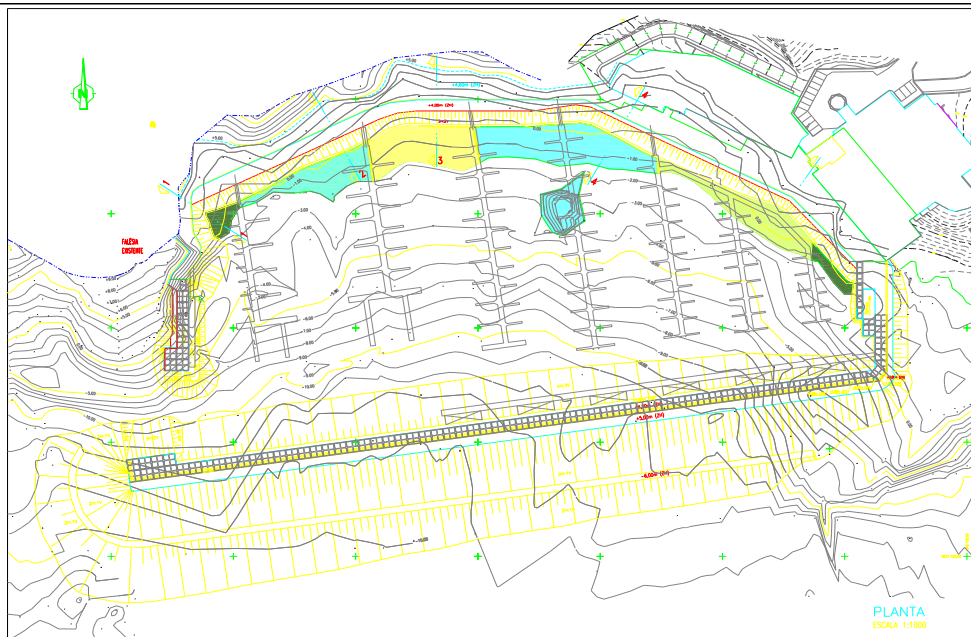


Figura 3 - Planta geral da marina da Quinta do Lorde.

Imagem do Local



Figura 4 - Vista para o interior da marina da Quinta do Lorde.

Registo Fotográfico



Figura 5 - Resort - marina da Quinta do Lorde (abril de 2013).



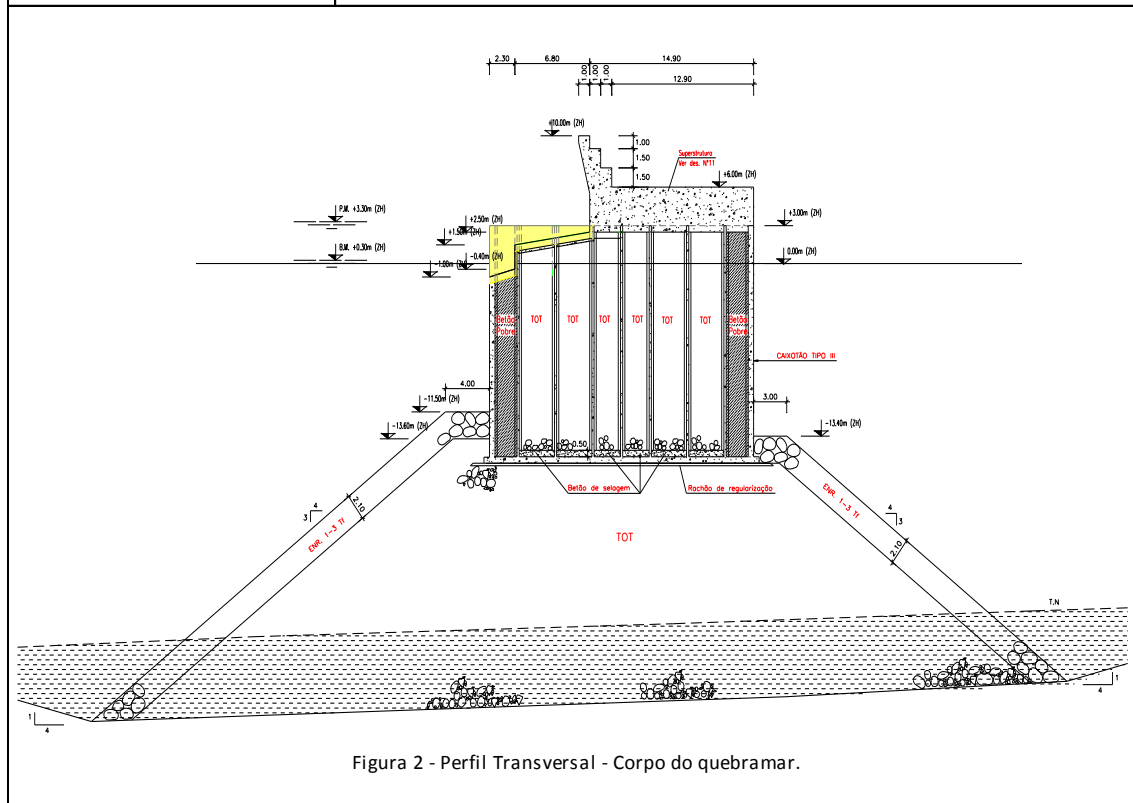
Figura 6 - Resort - marina da Quinta do Lorde (abril de 2013).



Figura 7 - Manto resistente composto por blocos cúbicos "Antifer" (abril de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto do Caniçal - Molhe Exterior do Terminal		N.º <u>2</u> QM
Localização	Concelho	Machico	
	Georreferenciação	Lat. 32°43' N / Long. 16°44' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Porto do Caniçal, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O Porto do Caniçal está localizado na costa Sudeste da ilha da Madeira, próximo ao seu extremo Este. Este porto é destinado à descarga de contentores e pontualmente de carga geral convencional e graneis sólidos.</p> <p>A obra foi executada em 4 fases, tendo o molhe exterior uma extensão total de 810 ml. Inicia-se com fundos de -15,00 m (ZH) e a cabeça está fundada a -30,00 m (ZH).</p> <p>Compõe-se de uma parte construída em taludes de enrocamento com manto de proteção em blocos de betão "Antifer" de 20 ton, prolongando-se em quebramar misto construído em caixotões assentes num prisma de enrocamento à cota -15,50 m (ZH).</p> <p>A parte interior do molhe beneficiando da sua construção em caixotões é acostável constituindo o terminal de graneis do Porto do Caniçal.</p> <p>O coroamento do cais localiza-se à cota +6.00 m ZH protegido por muro-cortina a +10.00 m ZH.</p> <p>Com a execução destas várias fases de construção, abrangendo ampliações, remodelações e novas construções, permitiram fazer do Porto do Caniçal a principal infraestrutura de movimentação portuária para as cargas comerciais destinadas ou produzidas na Ilha da Madeira.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	www.etermar.pt consultado a 20 de abril 2013		
	www.zagope.pt consultado a 2 de maio 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado	82.601,500 €				
Entidade Executante	Em Consórcio: TERMAGUE, S.A, ETERMAR, S.A, ZAGOPE	Duração da Obra	1997 - 2006				
Classificação	TIPO	II	CÓDIGO	N/A	CLASSE	N/A	
Tipo de Solução	Quebramar Misto						
Características Globais	Cota de Coroamento	+ 10,00 m (ZH)	Cota de Serviço	- 13,40 m (ZH)			
	Comprimento	810,00 m	Largura	12,90 m			
	Manto Exterior	Enrocamento 10 - 30 kN	Inclinação	4(H):3(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 10 - 30 kN	Inclinação	4(H):3(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	Rumo SW 7,8 m	Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem - 252.600 m ³ ; Blocos Antifer - 16.222 m ³ ; Aterro - 230.304 m ³ ; Betão C20/25 - 90.086 m ³ ; Enrocamentos seleccionados - 193.975 m ³ ; Betão pobre - 26.825 m ³ ; T.O.T - 512.998 m ³ ; Aço A400NR - 8.266 ton.						
Perfil Transversal							



Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 02/07/2013

Planta Geral do Porto



Figura 3 - Planta geral do porto do Caniçal.

Imagem do Local

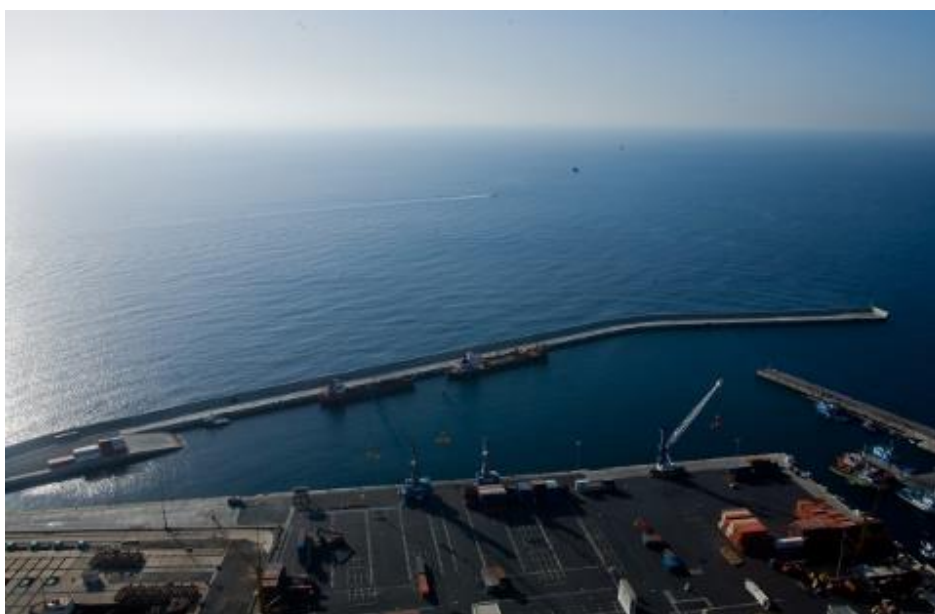


Figura 4 - Vista do molhe exterior do porto do Caniçal.

Registo Fotográfico no Momento da Construção



Figura 5 - Construção do molhe exterior do porto do Caniçal.



Figura 6 - Construção da superestrutura, do molhe exterior do porto do Caniçal.



Figura 7 - Enchimento dos caixotões, no molhe exterior do porto do Caniçal.

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto de Recreio Machico		N.º <u>3</u> QEM
Localização	Concelho	Machico	
	Georreferenciação	Lat. 32°43' N / Long. 16°45' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Porto de recreio de Machico, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>O Porto de Recreio, encontra-se localizado na baía de Machico, no qual permite abrigar embarcações de pequeno e médio porte. Destina-se a embarcações de tráfego local de pesca, marítimo-turísticas e de recreio.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		Custo Aproximado					
Entidade Executante			Duração da Obra					
Classificação	➔		TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	2
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista							
Características Globais	Cota de Coroamento	+ 6,00 m (ZH)		Cota de Serviço	-3,50 m (ZH)			
	Comprimento	165,00 m		Largura	5,75 m			
	Manto Resistente	Blocos Antifer 75 kN		Inclinação	2,5(H):1(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 10-20 kN		Inclinação	2(H):1(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	5,2 m		Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes								
Perfil Transversal								
<p>Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.</p>								

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 05/06/2013

Planta Geral do Porto

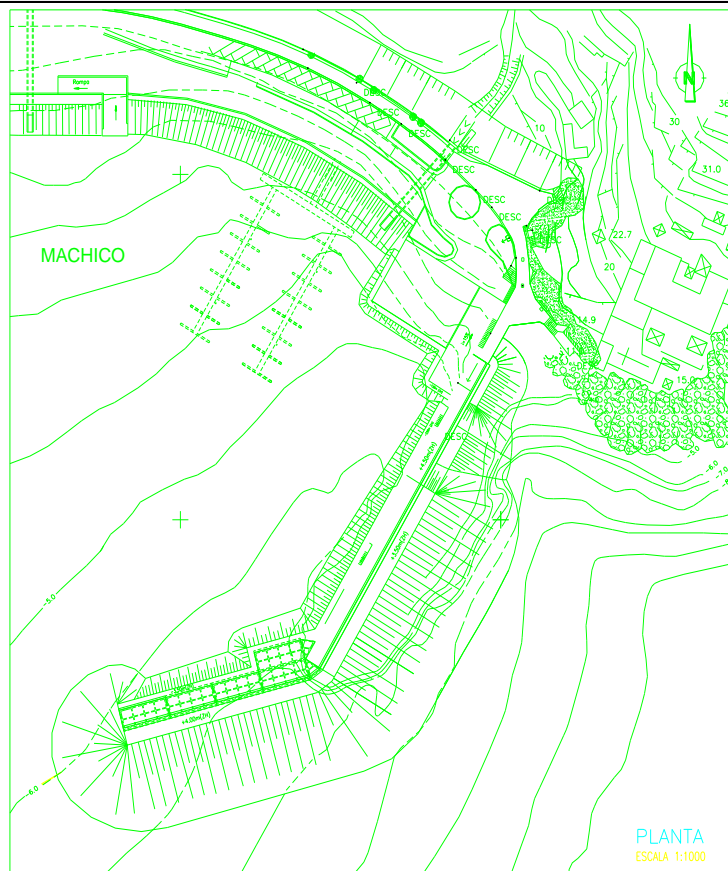


Figura 3 - Planta geral do porto de recreio de Machico.

Imagem do Local

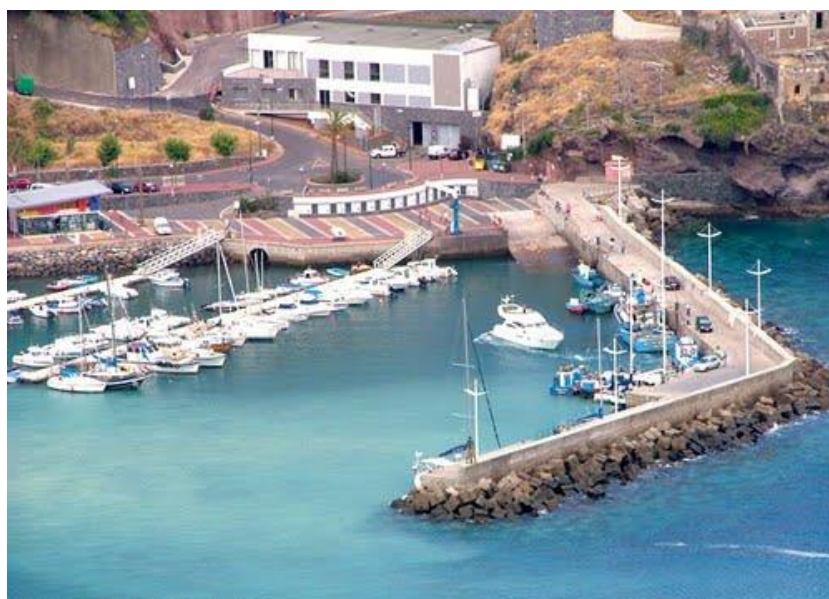


Figura 4 - Porto de recreio de Machico.

Registo Fotográfico





Figura 5 - Porto de recreio de Machico (abril de2013).



Figura 6 - Manto resistente composto por blocos cúbicos "Antifer", troço 1 (abril de2013).



Figura 7 - Manto resistente composto por blocos cúbicos "Antifer", troço 2 (abril de2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto de Abrigo do Posto de Socorros a Náufragos do Aeroporto da Madeira	N.º <u>4</u>	QEM
Localização	Concelho	Santa Cruz	
	Georreferenciação	Lat. 32°41' N / Long. 16°46' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Porto de abrigo do posto de socorros a náufragos, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>O Posto de Socorros a Náufragos localiza-se no extremo SW da baía de Santa Catarina, no encontro entre a base da falésia o aterro marítimo existente. A localização e orientação deste troço costeiro conferem-lhe um abrigo natural face à agitação marítima proveniente de SW-NE, por Norte. Desta forma, o molhe de abrigo apresenta o seu troço principal orientado segundo SW-NE, paralelo ao dique do aterro marítimo.</p> <p>Este molhe de abrigo foi executado com o objetivo de criar uma área abrigada necessária para a operação das embarcações de socorro e o desembarque de sinistrados.</p> <p>O corpo do molhe é constituído por uma estrutura vertical formada por caixotões de betão armado com dimensões de 15,16 m x 11,99 m em planta e 12,20 m de altura, com 12 células quadradas de 3,33 m no interior.</p> <p>Os caixotões foram transportados em flutuação e fundados sobre o núcleo do prisma de enrocamento T.O.T com cota de -10,80 m (NM).</p> <p>Do lado exterior, o talude de T.O.T do núcleo foi prolongado superiormente até à cota -0,60 m (NM), com a banquetta à cota de -15,50 m (NM) de espessura variável, adaptando-se ao fundo e a cota uniforme, permitindo a colocação do manto de tetrápodes de 20 toneladas.</p>			
Fontes de Informação	Tecnovia Madeira, Sociedade de Empreitadas, SA		
	www.zagope.pt consultado a 6 de abril de 2013		
	www.consulgal.pt consultado a 15 de abril de 2013		

Adjudicatário*	ANAM - Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira, S.A		Custo Aproximado					
Entidade Executante	Em Consórcio: ZAGOPE, TECNOVIA MADEIRA		Duração da Obra	2005 - 2006				
Classificação			TIPO	I	CÓDIGO	T	CLASSE	3
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista							
Características Globais	Cota de Coroamento	+7,00 m (ZH)		Cota de Serviço	-8,40 m (ZH)			
	Comprimento	212,00 m		Largura	7,20 m			
	Manto Resistente	Tetrápodes 200 kN		Inclinação	3(H):2(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 10-30 kN		Inclinação	4(H):3(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	6,00 m		Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem - 9612 m ³ ; Enrocamentos - 79110 m ³ ; Tetrápodes - 2452 unidades; Blocos de Betão Antifer - 108 unidades Aduelas - 232 unidades; Caixotões - 8 unidades; Betão para superestrutura - 3362 m ³ .							
Perfil Transversal								
Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.								
Nota: O NM é o nível médio do mar, situado 1,40 m acima do Zero Hidrográfico.								

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 03/06/2013

Planta Geral do Porto

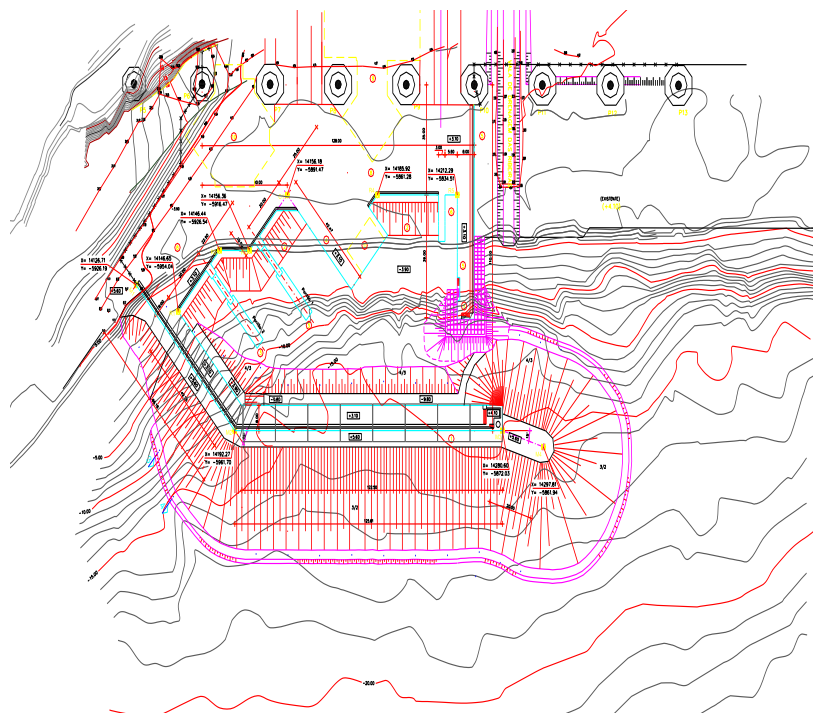


Figura 3 - Planta geral do porto de socorros a náufragos.

Registo Fotográfico no Momento da Construção



a)



b)

Figura 4 - Vista global da obra (a)), Início da construção da cabeça do quebramar (b)).

Registo Fotográfico



Figura 5 - Vista aérea da estrutura (abril 2013).



Figura 6 - Manto resistente constituído por tetrápodes (abril de 2013).



Figura 7 - Vista da cabeça do quebramar (abril de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Cais Acostável de Santa Cruz		N.º <u>5</u> QEM
Localização	Concelho	Santa Cruz	
	Georreferenciação	Lat. 32°41' N / Long. 16°47' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Cais acostável de Santa Cruz, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O cais acostável localiza-se a este da baía de Santa Cruz, com acesso automóvel a partir da via rápida e/ou pedonal pela promenade junto à orla costeira.</p> <p>É um porto destinado essencialmente à acostagem de pequenas embarcações de pesca e de recreio.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	http://www.geocaching.com consultado a 17 de maio de 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado		
Entidade Executante	Em Consórcio: ZAGOPE, TECNOVIA MADEIRA	Duração da Obra		
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	
			T	
			CLASSE	
			3	
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista			
Características Globais	Cota de Coroamento	+7,00 m (ZH)	Cota de Serviço	-4,00 m (ZH)
	Comprimento	60,00 m	Largura	8,00 m
	Manto Resistente	Tetrápodes 160 kN	Inclinação	3(H):2(V)
	Manto Interior	Enrocamento 1-3 kN	Inclinação	3(H):2(V)
	Onda de Projeto (Hs)		Núcleo	Aduelas de Betão
Aspetos Técnicos Relevantes				
Perfil Transversal				
<p>Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.</p>				

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 09/07/2013

Imagem do Local



Figura 3 - Cais acostável de Santa Cruz.

Registo Fotográfico



Figura 4 - Vista para cais acostável de Santa Cruz (maio de 2013).



Figura 5 - Vista interior do cais acostável de Santa Cruz (maio de 2013).

Registo Fotográfico



Figura 6 - Acesso pedonal ao cais acostável de Santa Cruz (maio de 2013).



Figura 7 - Manto resistente constituído por tetrápodes, vista 1 (maio de 2013).

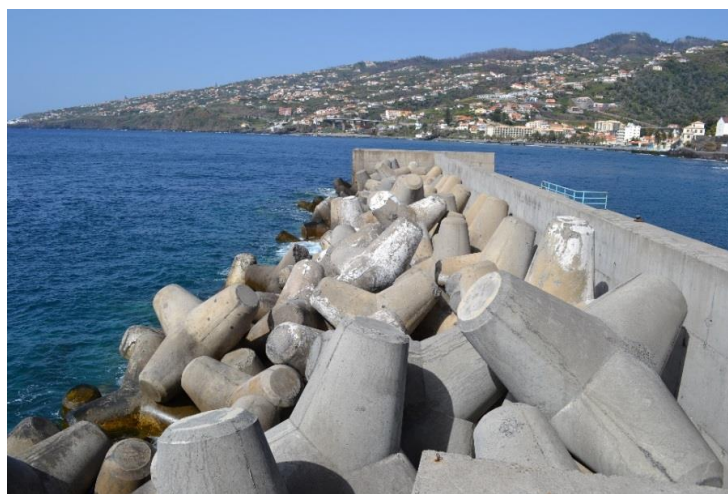


Figura 8 - Manto resistente constituído por tetrápodes, vista 2 (maio de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto de Recreio de Santa Cruz		N.º <u>6</u> QEM
Localização	Concelho	Santa Cruz	
	Georreferenciação	Lat. 32°41' N / Long. 16°47' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Porto de recreio de Santa Cruz, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>A Porto de Recreio de Santa Cruz situa-se ligeiramente a Norte da foz da Ribeira de Boaventura, na baía adjacente à vila de Santa Cruz, este pequeno porto tem como finalidade o estacionamento e abrigo de pequenas embarcações de pesca e de recreio, a quando a sua construção tinha como objetivo diversificar a oferta de postos de atracação de embarcações deste tipo na costa Sul da ilha da Madeira.</p> <p>O quebramar que protege a bacia destinada ao porto, apresenta uma área de cerca de 2000 m², com profundidades compreendidas entre -1,0 m (ZH) e -6,0 m (ZH). No interior da bacia estão colocadas infraestruturas para o estacionamento de aproximadamente 60 embarcações de recreio, com comprimento até 10 m.</p> <p>A solução estrutural adotada consiste em aduelas de betão, justapostas lateral e verticalmente, assentes sobre uma camada de brita de regularização, e protegidas exteriormente por um manto de camada dupla de tetrápodes 160 kN, apesar de no projeto inicial constar enrocamento de 40 a 60 kN, essa substituição surgiu a pedido do consórcio da empreitada. A superestrutura do quebramar é constituída por betão “in situ” e consiste num passadiço e num muro-cortina sem deflector de onda.</p>			
Fontes de Informação	SRES - Secretaria Regional do Equipamento Social		

Adjudicatário*	SREST - Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes	Custo Aproximado	2.144.775,88 €			
Entidade Executante	Em Consórcio: SOMAGUE, S.A, ETERMAR, S.A	Duração da Obra	6 Meses			
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	T	CLASSE	3
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista					
Características Globais	Cota de Coroamento	+6,50 m (ZH)	Cota de Serviço	-1,00 m (ZH)		
	Comprimento	122,50 m	Largura	5,20 m		
	Manto Resistente	Blocos Antifer 160 kN	Inclinação	2(H):1(V)		
	Manto Interior	Enrocamento 5-10 kN	Inclinação	1(H):1(V)		
	Onda de Projeto (Hs)	Rumo S 5,4 m	Núcleo	Aduelas de Betão		
Aspetos Técnicos Relevantes						
Perfil Transversal						
<p>Figura 2 - Perfil transversal - Corpo do quebramar.</p>						

Inventariado por: João Neves

Data: 10/07/2013

*Dono de Obra

Planta Geral do Porto

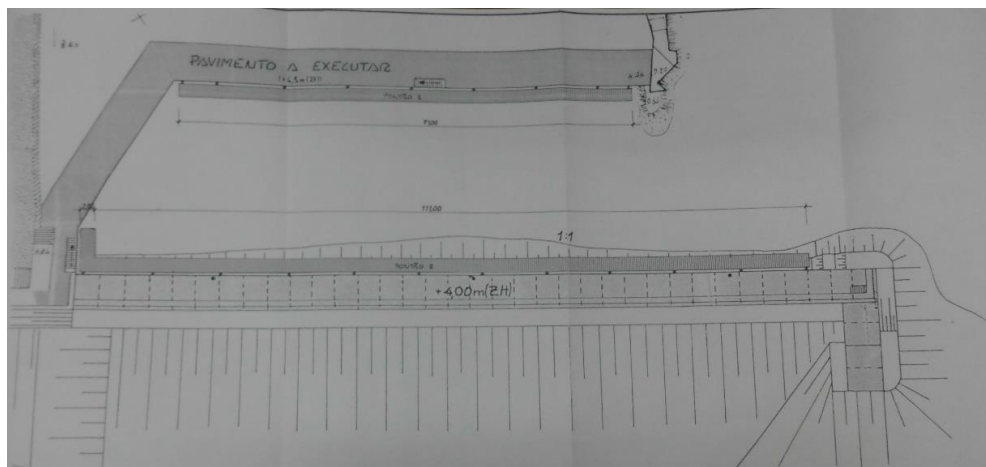


Figura 3 - Planta geral do porto de recreio de Santa Cruz.

Registo Fotográfico



Figura 4 - Interior da bacia do porto de recreio de Santa Cruz, vista 1 (maio de 2013).



Figura 5 - Interior da bacia do porto de recreio de Santa Cruz, vista 2 (maio de 2013).

Registo Fotográfico

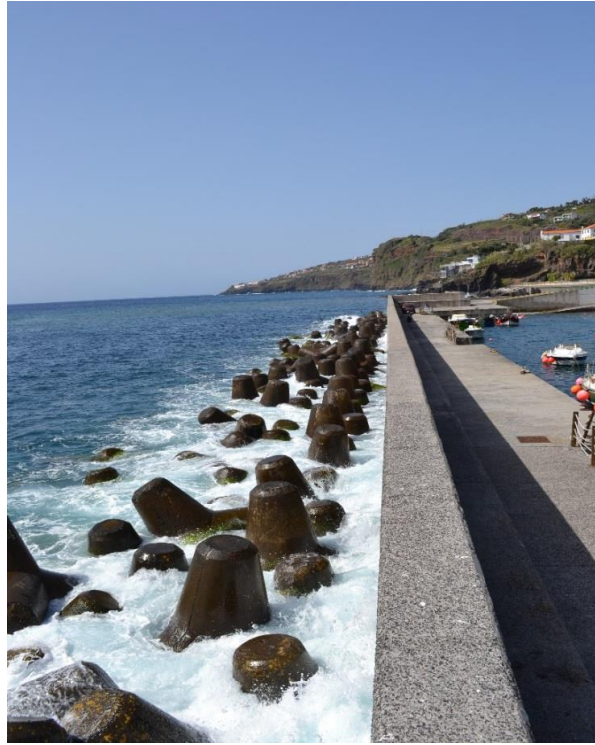

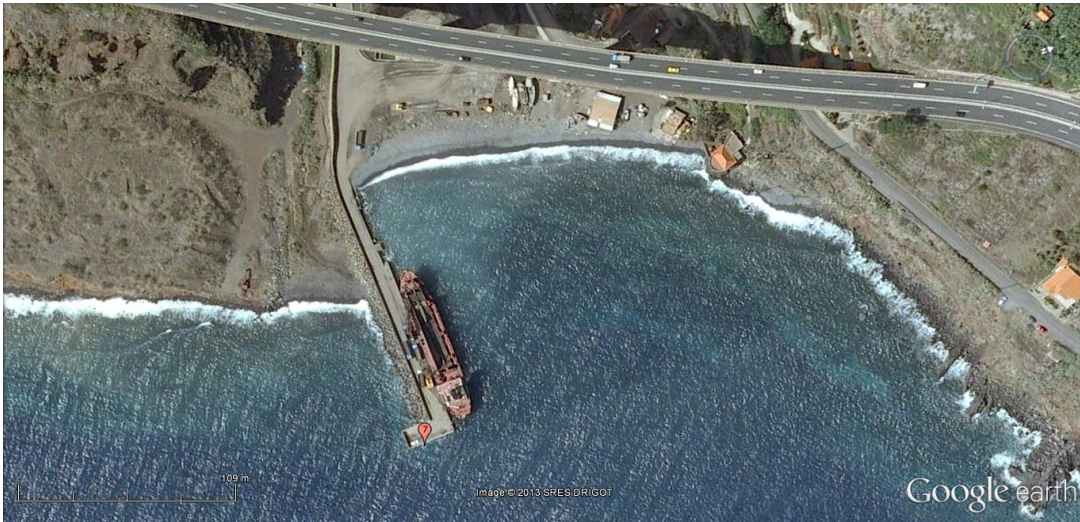


Figura 6 - Manto resistente constituído por tetrápodes, vista 1 (maio de 2013).



Figura 7 - Manto resistente constituído por tetrápodes, vista 2 (maio de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Terminal Acostável do Porto Novo		N.º <u>7</u> QEM
Localização	Concelho	Santa Cruz	
	Georreferenciação	Lat. 32°39' N / Long. 16°48' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 -Terminal acostável do Porto Novo, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>O Terminal do Porto Novo, localiza-se na parte Oeste do concelho de Santa Cruz, e a sua construção teve como finalidade a descarga de granéis sólidos (inertes).</p> <p>O perfil transversal da Figura 2, representa o troço inicial do terminal, porém neste troço não é possível a acostagem. O troço acostável dispõe de fundos, variáveis entre -5,00 m e -11,00 m (ZH). Estruturalmente é constituído por um núcleo de caixotões de betão armado, com uma proteção exterior em talude, dispondo de um manto resistente de enrocamento de 4 a 6 toneladas. O tardo, usado como cais dispõe de duas escadas de acesso às embarcações.</p> <p>A plataforma da superestrutura, é constituída por uma laje de betão assente sobre o núcleo, dispondo de uma proteção que lhe é dada por um muro cortina com 2,00 m de altura e 0,75 m de largura na base. Na cabeça do quebramar, o talude exterior é rematado contra um caixotão colocado normalmente aos restantes, com uma largura de 10 m.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado		
Entidade Executante		Duração da Obra	1994 - 1996	
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	
			EN	
			CLASSE	
			1	
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista			
Características Globais	Cota de Coroamento	+6,00 m (ZH)	Cota de Serviço	-11,00 m (ZH)
	Comprimento	130,00 m	Largura	9,25 m
	Manto Resistente	Enrocamento 40-60 kN	Inclinação	2(H):1(V)
	Manto Interior	Enrocamento 2-5 kN	Inclinação	1(H):1(V)
	Onda de Projeto (Hs)	Rumo S-SW 5,7 m	Núcleo	Caixotões de Betão
Aspetos Técnicos Relevantes				
Perfil Transversal				

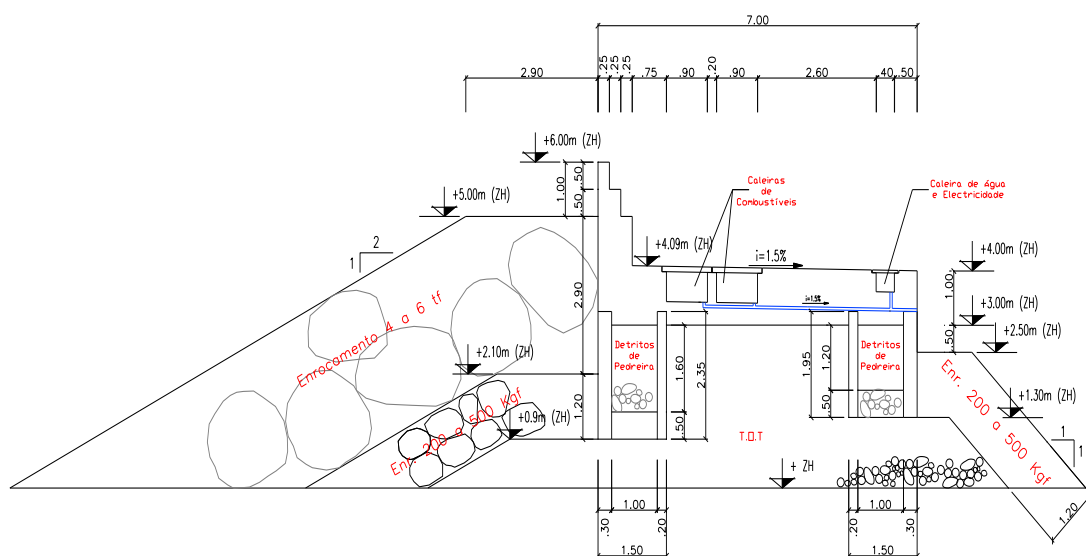


Figura 2 - Perfil Transversal - Troço 2-2 não acostável.

Nota: O perfil transversal acostável (Troço 3-3), tem uma largura útil de 9,25 m, e comprimento de 98 m.

Inventariado por: João Neves

Data: 12/05/2013

*Dono de Obra

Registo Fotográfico




Figura 3 - Terminal acostável do Porto Novo (abril de 2013).



Figura 4 -Manto resistente constituído por enrocamento (abril de 2013).



Figura 5 - Superestrutura com muro cortina (abril de 2013).

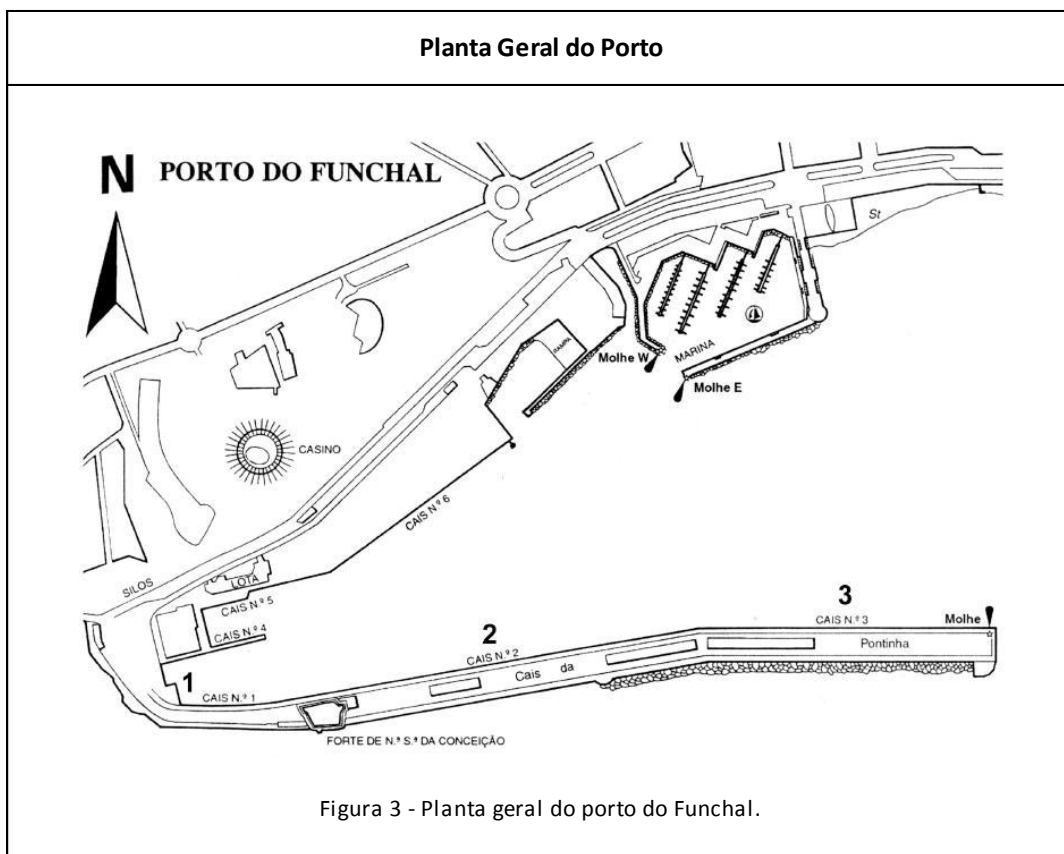
 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto do Funchal		N.º <u>8</u> QEM
Localização	Concelho	Funchal	
	Georreferenciação	Lat. 32°38' N / Long. 16°54' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Porto do Funchal, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O Porto do Funchal localiza-se num enseada, limitada a este pela ponta do Garajau e a Oeste pela Ponta da Cruz. Dispõe de uma bacia com fundos de natureza arenosa, entre a batimétrica -3,0 m (ZH), junto ao enraizamento do molhe Sul e -20,0 m (ZH), na extremidade Este da bacia.</p> <p>O Porto do Funchal é protegido pelo molhe Norte, do tipo quebramar de estrutura mista, com um comprimento total de 970 m e uma profundidade máxima na cabeça da ordem dos -20,0 m (ZH). O molhe-cais tem uma plataforma à cota +5,1 m (ZH), na extremidade do cais, uma largura de 40 m e dispõe de um muro cortina com deflector à cota +11,0 m (ZH). O manto resistente do molhe é em talude constituído por duas camadas de tetrápodes de 25 toneladas e inclinação a 2(H):1(V), coroamento à cota +6,3 m (ZH) e fundação à cota -9,0 m (ZH). Os tetrápodes apoiam-se num prisma de enrocamento de 3 a 5 toneladas, fundado à cota -13,0 m (ZH), com uma largura de berma de 4,0 m e enrocamento de 1 a 2 toneladas entre a cota -13,0 m (ZH) e o terreno natural. A data de construção admitida corresponde à última recuperação que foi executada, designada pela grande reparação do molhe da pontinha, no porto da cidade do Funchal. Os trabalhos compreenderam a substituição de tetrápodes, tratamento de fendas existentes e melhoramentos diversos.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	http://blogue.cruzeirosonline.com consultado a 9 de maio de 2013		
	http://lpmaspotter.blogspot.pt/ / www.somague.pt consultado a 14 de maio de 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado					
Entidade Executante	SOMAGUE, S.A	Duração da Obra	1991 - 1997				
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	T	CLASSE	4	
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista						
Características Globais	Cota de Coroamento	+11,00 m (ZH)	Cota de Serviço	-11,00 m (ZH)			
	Comprimento	≅ 950,00 m	Largura	35,50 m			
	Manto Resistente	Tetrápodes 250 kN	Inclinação	2(H):1(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 5-20 kN	Inclinação	3(H):2(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	7,8 m	Núcleo	T.O.T			
Aspetos Técnicos Relevantes							
Perfil Transversal							

Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 25/06/2013



Registo Fotográfico



Figura 5 - Interior da bacia do porto do Funchal (agosto de 2013).

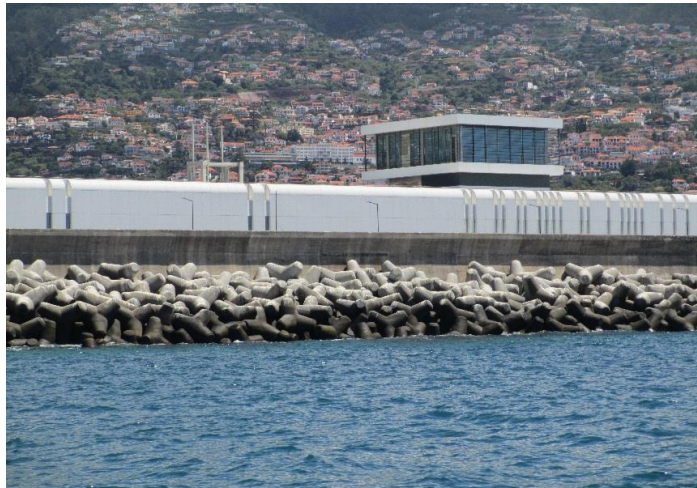


Figura 6 - Manto resistente constituído por tetrápodes (agosto de 2013).

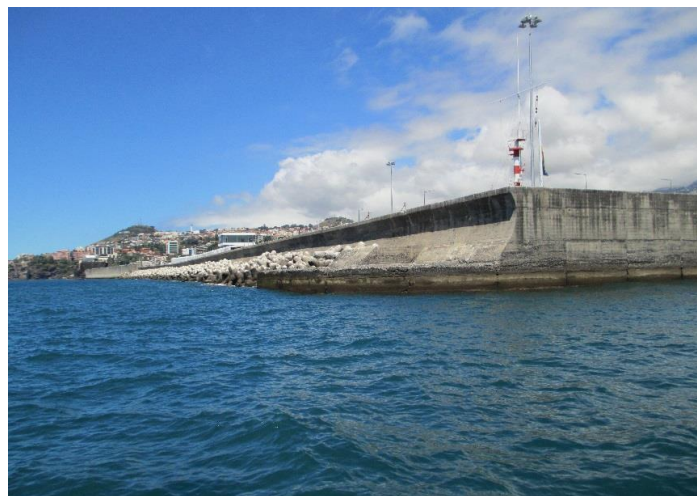


Figura 7 - Superestrutura, muro cortina com defletor (agosto de 2013).

Imagens do Momento da Construção



Figura 8 - Primeiros caixões de enchimento da 3ª fase (1934-1939 - 3ª fase do porto).

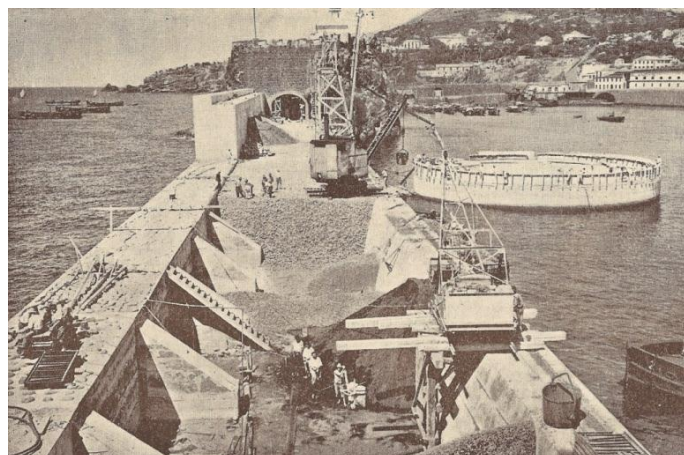


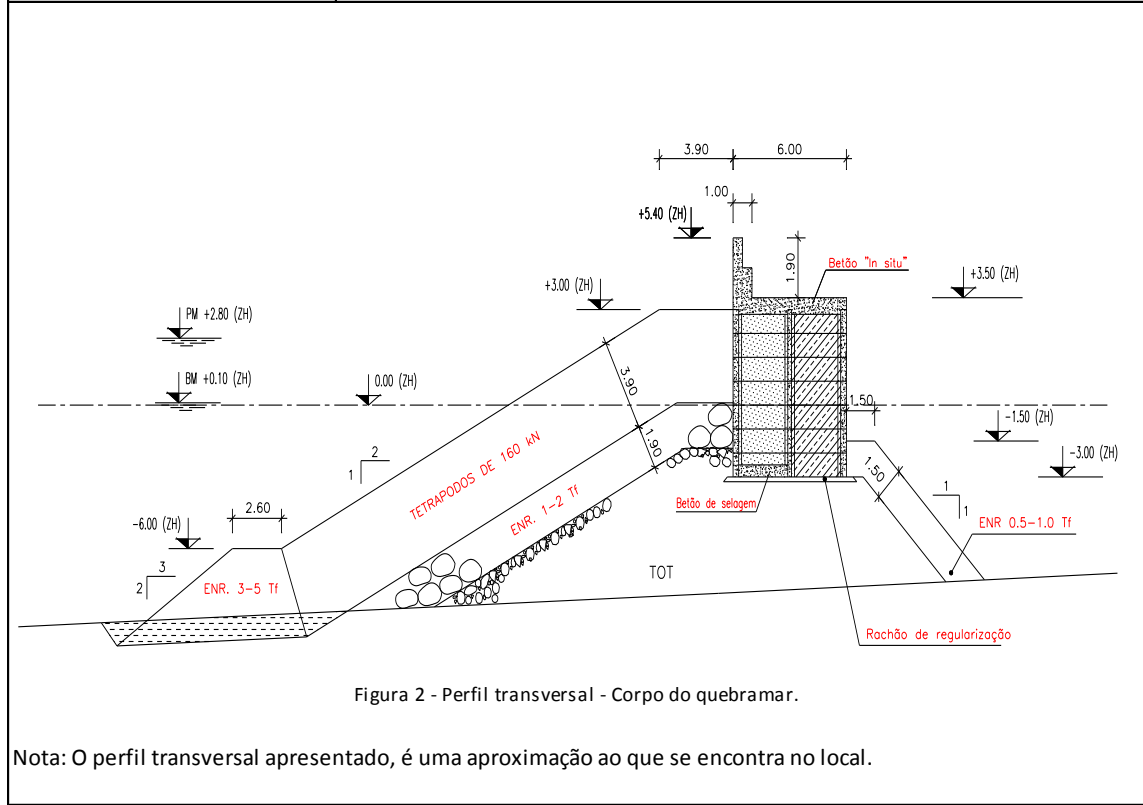
Figura 9 - Prolongamento do molhe da Pontinha em 317 m (1953-1961 - 4ª fase do porto).



Figura 10 - Reparação do lado exterior do porto (1991-1997).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Marina do Funchal		N.º <u>9</u> QEM
Localização	Concelho	Funchal	
	Georreferenciação	Lat. 32°38' N / Long. 16°54' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Marina do Funchal, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>A Marina do Funchal, situa-se a Oeste do Cais da Cidade, no interior do Porto do Funchal parcialmente protegida pelo quebramar da Pontinha com cerca de 1000 metros de extensão. Possui uma capacidade para 210 embarcações de recreio, amarradas em pontões e passadiços flutuantes, e uma zona destinada às embarcações de atividades náuticas e turísticas.</p> <p>Na marina existe a disponibiliza um vasto leque de serviços de apoio à navegação, que vão desde o abastecimento de água, telecomunicações e eletricidade, dispõe ainda de infraestruturas, tais como balneários, telefones, restaurantes e lavandaria.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	http://www.palmayachts.pt consultado a 14 de junho de 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado		
Entidade Executante		Duração da Obra		
Classificação	➔	TIPO	I	
		CÓDIGO	T	
		CLASSE	2	
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista			
Características Globais	Cota de Coroamento	+5,40 m (ZH)	Cota de Serviço	-1,50 m (ZH)
	Comprimento	≅ 165,00 m	Largura	5,00 m
	Manto Resistente	Tetrápodos 160 kN	Inclinação	2(H):1(V)
	Manto Interior	Enrocamento 5-10 kN	Inclinação	1(H):1(V)
	Onda de Projeto (Hs)	4,6 m	Núcleo	Aduelas de Betão
Aspetos Técnicos Relevantes				
Perfil Transversal				



Nota: O perfil transversal apresentado, é uma aproximação ao que se encontra no local.

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 21/07/2013

Imagem do Local



Figura 3 - Vista aérea da marina do Funchal.

Registo Fotográfico



Figura 4 - Interior da marina do Funchal (junho de 2013).



Figura 5 - Superestrutura e manto resistente (junho de 2013).

Registo Fotográfico

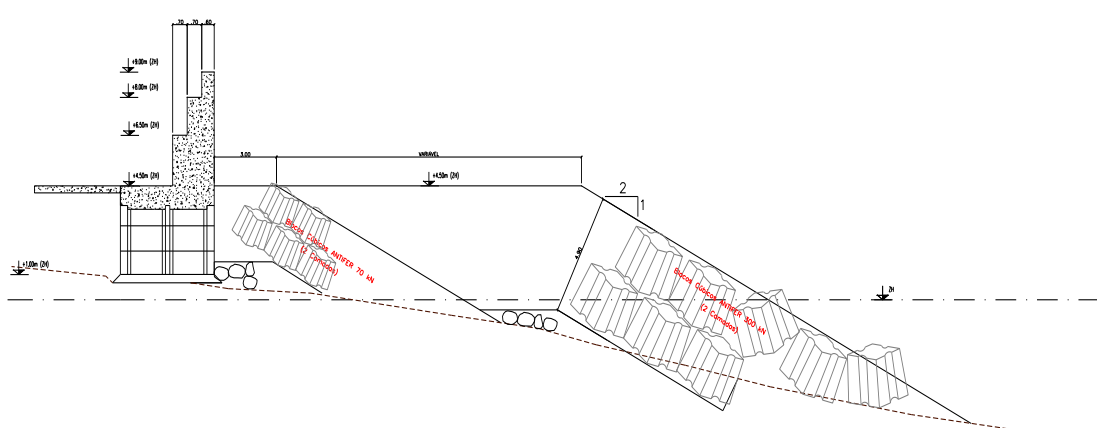


Figura 6 - Manto Resistente constituído por tetrápodes (junho de 2013).



Figura 7 - Marina do Funchal (junho de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Estaleiro de Reparação Naval dos Socorridos		N.º <u>10</u> QEM
Localização	Concelho	Câmara de Lobos	
	Georreferenciação	Lat. 32°38' N / long. 16°58' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Estaleiro de reparação naval dos Socorridos, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>Situa-se no concelho de Câmara de Lobos à direita da foz da Ribeira dos Socorridos, o estaleiro está dotado de todo o material necessário para dar segurança aos barcos na aproximação a terra, assim como para a elevação de qualquer das embarcações hoje existentes em Câmara de Lobos.</p> <p>O manto resistente do quebramar, inicialmente era composto por duas camadas de blocos cúbicos "Antifer" de 70 kN. No entanto, devido aos estragos ocorridos na sequência de galgamentos devido a fenómenos de agitação violenta, a estrutura foi alvo de uma intervenção de reforço com um segundo talude (camada dupla) de blocos cúbicos "Antifer" de 300 kN.</p> <p>Ainda com vista a reforçar a resistência da estrutura contra os galgamentos, o muro cortina foi alterado para a cota +9,0 m (ZH) numa extensão de 30 m.</p>			
Fontes de Informação	SREST - Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes		

Adjudicatário*	SREST - Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes	Custo Aproximado	1.047.054,57 €				
Entidade Executante		Duração da Obra	2003 - 2004				
Classificação	➔	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	5
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista						
Características Globais	Cota de Coroamento	+9,00 m (ZH)	Cota de Serviço				
	Comprimento	≈ 130,00 m	Largura				
	Manto Resistente	Blocos Antifer 300 kN	Inclinação	2(H):1(V)			
	Manto Interior		Inclinação				
	Onda de Projeto (Hs)	8,00 m	Núcleo	Aduelas de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes							
Perfil Transversal							
							
<p>Figura 2 - Perfil transversal - Corpo do quebramar.</p>							

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 07/06/2013

Planta Geral do Porto

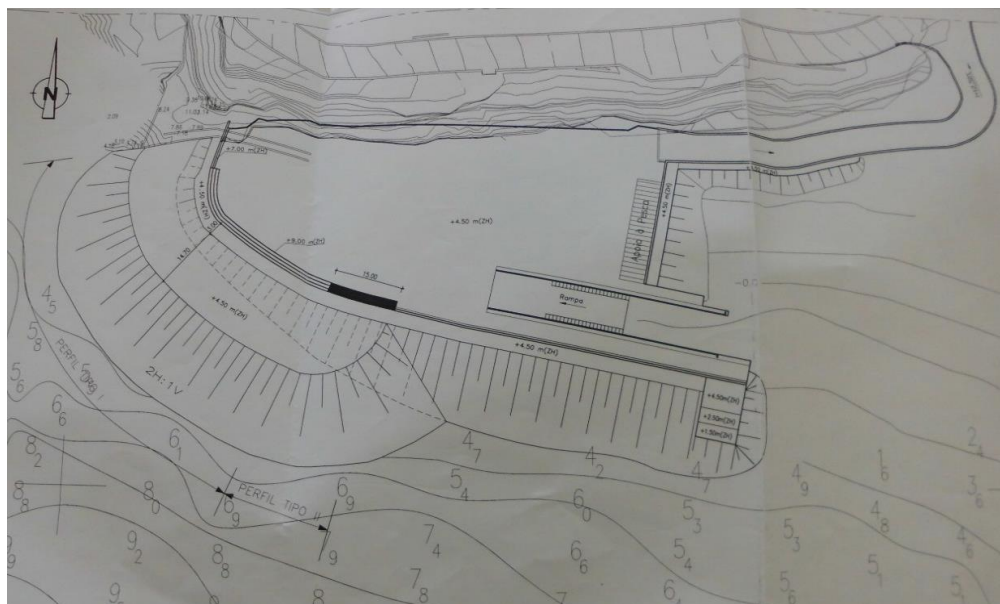


Figura 3 - Planta geral do estaleiro de reparação naval de Câmara de Lobos.

Registo Fotográfico



Figura 4 - Estaleiro de reparação naval de Câmara de Lobos (abril de 2013).

Registo Fotográfico



Figura 5 - Interior do estaleiro (abril de 2013).



Figura 6 - Rampa de acesso das embarcações ao estaleiro de reparação Naval (abril de 2013).



Figura 7 - Manto resistente constituído por blocos "Antifer" (abril de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Cais Acostável da Ribeira Brava		N.º <u>11</u> QEM
Localização	Concelho	Ribeira Brava	
	Georreferenciação	Lat. 32°40' N / Long. 17°3' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Cais acostável da Ribeira Brava, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>O cais da Ribeira Brava fica situado num troço da costa Sul da ilha da Madeira, com orientação aproximada ESE - WNW e delimitada pela Ponta do Sol e pelo Cabo Girão. Este cais destina-se a embarcações de pesca, marítimo-turísticas e de recreio, bem como a descarga de granéis sólidos (inertes).</p> <p>O cais é composto por uma infraestrutura em caixotões de betão armado fundados à cota -8,0 m (ZH) e por uma superestrutura betonada “in situ”, desenvolvendo-se entre as cotas +3,5 m (ZH) e +6,0 m (ZH). Do lado mar o cais está protegido por um manto resistente composto por blocos cúbicos “Antifer” de 8 m³, com talude a 2(H):1(V) e coroamento à cota +4,0 m (ZH).</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		Custo Aproximado					
Entidade Executante			Duração da Obra	2000 - 2001				
Classificação	➔		TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	3
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista							
Características Globais	Cota de Coroamento	+6,00 m (ZH)		Cota de Serviço	-6,50 m (ZH)			
	Comprimento	130,00 m		Largura	9,10 m			
	Manto Resistente	Blocos Antifer 200 kN		Inclinação	2(H):1(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 10-20 kN		Inclinação	1(H):1(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	7,6 m		Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes								
Perfil Transversal								
<p>Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.</p>								

Inventariado por: João Neves

Data: 08/06/2013

*Dono de Obra

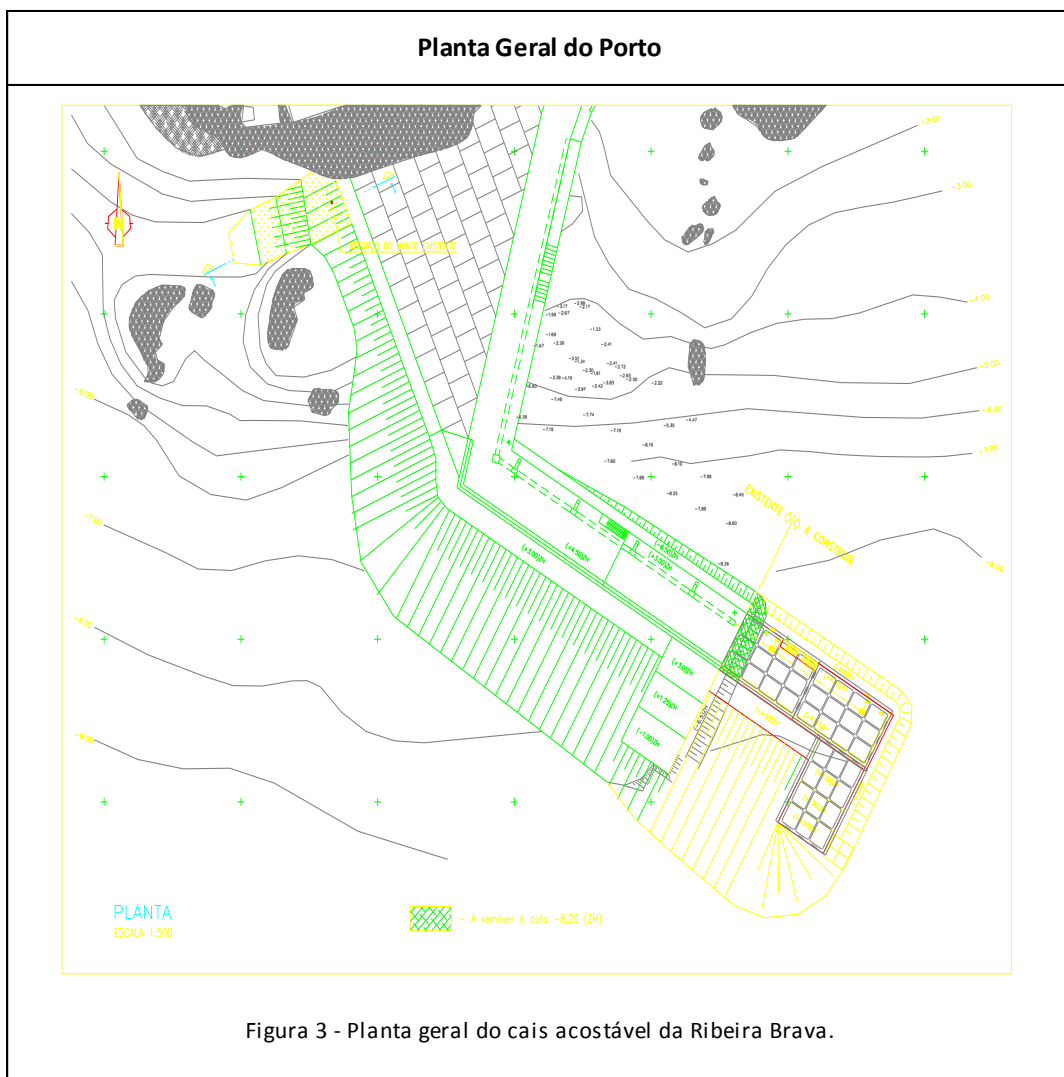


Figura 3 - Planta geral do cais acostável da Ribeira Brava.



Figura 4 - Cais acostável da Ribeira Brava (maio de 2013).

Registo Fotográfico



Figura 5 - Interior da bacia do cais acostável da Ribeira Brava (maio de 2013).



Figura 6 - Manto resistente constituído por blocos "Antifer" (maio de 2013).



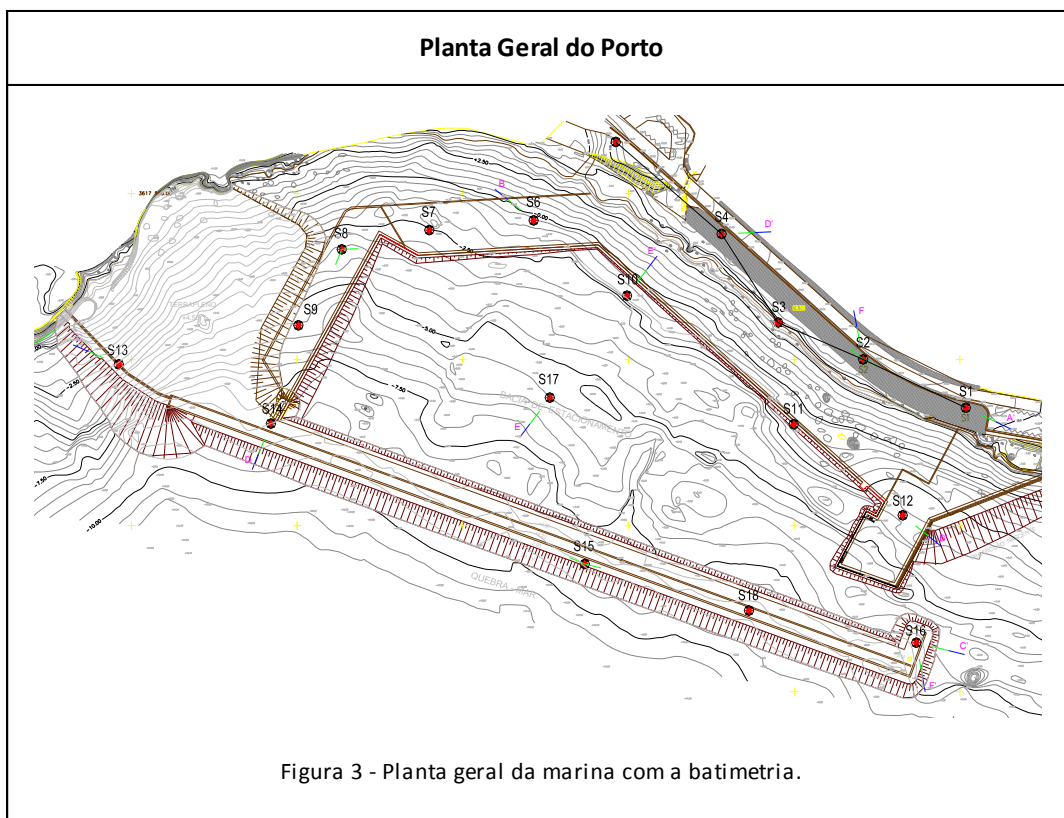
Figura 7 - Parte da superestrutura sem muro cortina, destruído pela agitação marítima (maio de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Marina do Lugar de Baixo		N.º <u>12</u> QM
Localização	Concelho	Ponta do Sol	
	Georreferenciação	Lat. 32°40' N / Long. 17°5' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Marina do Lugar de Baixo, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>A Marina do Lugar de Baixo localizar-se-á junto à povoação do Lugar de Baixo, na costa Sul da ilha da Madeira. Nesta zona a costa com a orientação aproximada de WNW - ESE, apresenta uma arriba alta bastante recortada por vales, nomeadamente o vale da ribeira da Tábua e o profundo e estreito vale da Ribeira Brava.</p> <p>Localizada na costa Oeste da Madeira, no concelho da Ponta do Sol, a Marina do Lugar de Baixo, tem capacidade para 297 embarcações entre os 8 e os 25 m.</p> <p>O molhe exterior com cerca de 480 m de extensão, dispõe de uma bacia para estacionamento de embarcações de recreio com uma área de cerca de 4 ha e fundos naturais que variam entre -1,5 m(ZH) e -8,0 m (ZH), os quais permitem receber embarcações com comprimento superior a 20 m.</p> <p>O estacionamento das embarcações fazem-se em passadiços flutuantes posicionados através de estacas metálicas cravadas no fundo da bacia, sendo o acesso a estes passadiços feito, a partir de terra, por meio de rampas metálicas articuladas superiormente nas retenções marginais e apoiadas inferiormente nos passadiços.</p>			
Fontes de Informação	AFAVIAS Engenharia e Construções, SA		
	http://www.tpf.eu consultado a 18 de maio de 2013		
	http://www.yourboatworld.com consultado a 15 de maio de 2013		

Adjudicatário*	Sociedade de Desenvolvimento da Ponta Oeste, SA	Custo Aproximado	9.000.000 €				
Entidade Executante		Duração da Obra	2003 - 2004				
Classificação	➔	TIPO	II	CÓDIGO	N/A	CLASSE	N/A
Tipo de Solução	Quebramar Misto						
Características Globais	Cota de Coroamento	+8,50 m (ZH)	Cota de Serviço	-5,00 m (ZH)			
	Comprimento	≈480,00 m	Largura	7,50 m			
	Manto Exterior	Enrocamento 10-30 kN	Inclinação	2(H):1(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 10-30 kN	Inclinação	4(H):3(V)			
	Onda de Projeto (Hs)		Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes							
Perfil Transversal							
<p>Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.</p>							

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 13/07/2013



Registo Fotográfico



Figura 5 - Incidência da agitação marítima no quebramar do molhe exterior da marina (2011).

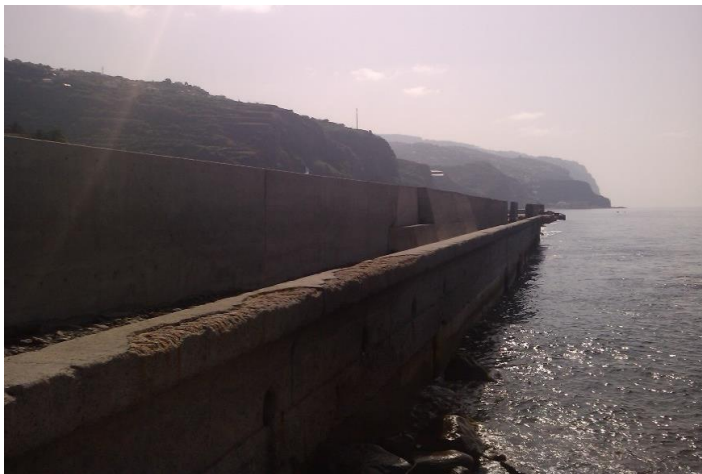


Figura 6 - Tardoz do muro cortina (julho 2013).

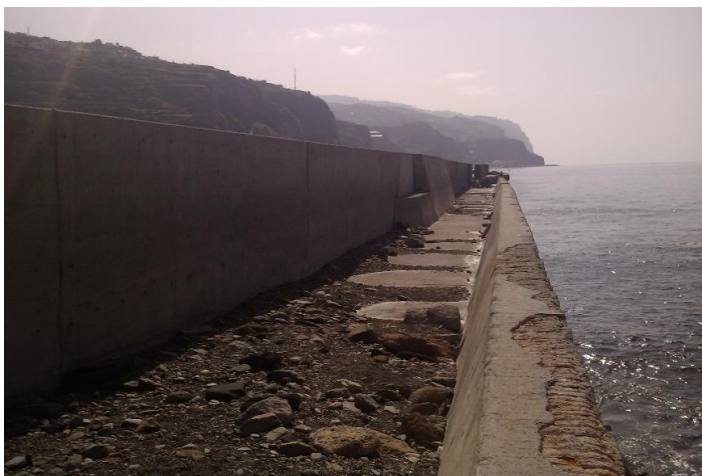


Figura 7 - Superestrutura apresenta algum grau de destruição (julho 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto de Recreio da Calheta		N.º <u>13</u> QM
Localização	Concelho	Calheta	
	Georreferenciação	Lat. 32°43' N / Long. 17°10' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Porto de recreio da Calheta, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>A Calheta situa-se num troço de costa com orientação sensivelmente Noroeste-Sudeste, delimitada pelo lado poente pela Ponta do Jardim do Mar e por nascente pela Ponta do Sol. Situado a cerca de 16 milhas marítimas a Oeste do Funchal, o porto de recreio da Calheta com os seus 339 lugares com capacidade para embarcações com comprimentos dos 6 aos 25 m, com calado máximo de 3,5 m, incluindo 44 lugares para motas de água é a segunda maior marina da Madeira.</p> <p>O porto dispõe de uma bacia de estacionamento com 3 ha, e terraplenos de apoio na envolvente, com uma área de aproximada de 1,3 ha, sendo protegidos da agitação marítima exterior pelo molhe-cais, e por um contra-molhe.</p>			
Fontes de Informação	AFA - AFAVIAS Engenharia e Construções, SA		

Adjudicatário*	Sociedade de Desenvolvimento da Ponta Oeste, SA	Custo Aproximado	14.700.000 €			
Entidade Executante	AFAvias	Duração da Obra	2003 - 2005			
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	3
Tipo de Solução	Quebramar Misto					
Características Globais	Cota de Coroamento	+8,50 m (ZH)	Cota de Serviço	-4,00 m (ZH)		
	Comprimento	287,00 m	Largura	7,05 m		
	Manto Exterior	Blocos Antifer 160 kN	Inclinação	2(H):1(V)		
	Manto Interior	Enrocamento 1-3 kN	Inclinação	4(H):3(V)		
	Onda de Projeto (Hs)	7,1 m	Núcleo	Caixotões de Betão		
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem - 4.250 m³; Enrocamentos - 63.456m³; Armaduras - 1.111.430 kg de aço A400NR Betão em: Regularização e enchimento - 1.621m³; Caixotões e aduelas - 7.017m³ Superestrutura e muros - 5.533m³; Lajetas pavimento - 420m³; Blocos cúbicos - 340m³ Blocos Cúbicos Antifer de 80 kN - 5.313m³; Blocos Cúbicos Antifer de 160 kN - 5.967m³.					
Perfil Transversal						
Figura 2 - Perfil transversal - Corpo do quebramar.						

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 02/07/2013

Planta Geral do Porto



Figura 3 - Planta geral do porto de recreio da Calheta, com batimetria.

Imagem do Local



Figura 4 - Vista aérea do porto de recreio.



Registo Fotográfico



Figura 5 - Porto de recreio da Calheta.



Figura 6 - Vista para o interior da bacia do porto de recreio da Calheta.

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Cais Acostável do Paúl do Mar		N.º <u>14</u> QEM
Localização	Concelho	Calheta	
	Georreferenciação	Lat. 32°45' N / Long. 17°13' W	
Imagem Vertical do Local			
			
<p>Figura 1 - Cais acostável do Paúl do Mar, software Google earth.</p>			
Descrição Geral			
<p>O cais do Paúl do Mar, é o porto mais Oeste da vertente Sul da ilha da Madeira, localiza-se entre a freguesia do Jardim do Mar a Oeste, e o Este pela freguesia da Fajã da Ovelha.</p> <p>Tem como função servir de apoio a embarcações de pesca, marítimo-turísticas e de recreio.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	AFA - AFAVIAS Engenharia e Construções, SA		

Planta Geral do Cais do Paúl do Mar

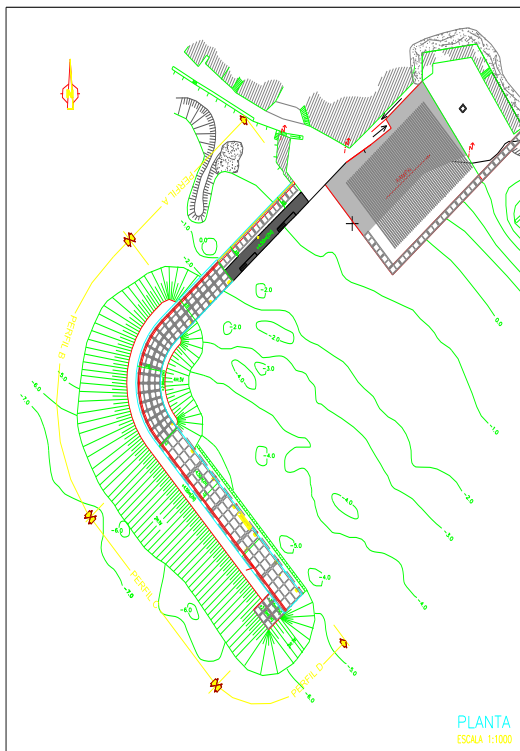


Figura 3 - Planta geral do cais acostável do Paúl do Mar.

Imagem do Local



Figura 4 - Vista aérea do cais acostável do Paúl do Mar.

Registo Fotográfico



Figura 5 - Vista da bacia do cais acostável do Paúl do Mar (julho de 2013).



Figura 6 - Tardoz do cais acostável do Paúl do Mar (julho de 2013).

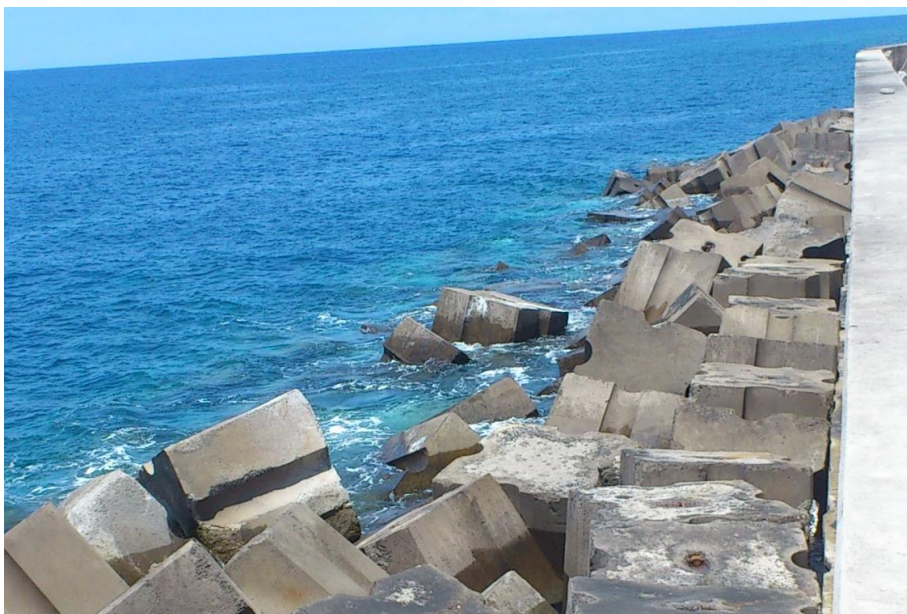


Figura 7 - Manto resistente constituído por blocos "Antifer" (julho de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto do Porto Moniz		N.º <u>15</u> QEM
Localização	Concelho	Porto Moniz	
	Georreferenciação	Lat. 32°51' N / Long. 17°9' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Porto do Porto Moniz, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O Porto de abrigo do Porto Moniz está localizado na parte norte da ilha, no extremo Noroeste. Esta infraestrutura foi concebida com a finalidade de criar uma área de apoio na costa Norte da ilha da Madeira para a navegação marítimo-turística, de recreio e de pesca.</p> <p>O quebramar de abrigo do porto encontra-se segundo a orientação NW-SE, atinge profundidades máximas na ordem dos -19,00 m (ZH), sendo uma obra em talude, com o manto resistente composto por duas camadas de blocos cúbicos “Antifer”. No seu tardo localiza-se o cais acostável à cota -8,00 m (ZH), materializado por aduelas de betão armado, seladas superiormente por uma superestrutura em betão.</p> <p>Os blocos de betão estão apoiados num prisma de enrocamento de 4 a 6 toneladas, fundado à cota -14,30 m (ZH), com uma largura de berma de 5,80 m e enrocamento de 2 a 4 toneladas entre a cota -14,30 m (ZH) e o terreno natural.</p> <p>O coroamento do quebramar encontra-se à cota +10,00 m (ZH), através do muro cortina.</p> <p>A bacia portuária apresenta profundidades compreendidas entre as cotas -2,00 m (ZH) e -13,00 m (ZH).</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	www.seth.pt consultado a 15 de março de 2013		
	www.etermar.pt consultado a 30 de março de 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado	18.352,751 €				
Entidade Executante	Em Consórcio: SETH, S.A, SOMAGUE, S.A, ETERMAR, S.A	Duração da Obra	2002 - 2003 (22 meses)				
Classificação	➔	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	6
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista						
Características Globais	Cota de Coroamento	+ 10,00 m (ZH)	Cota de Serviço	- 6,10 m (ZH)			
	Comprimento	125,00 m	Largura	19,00 m			
	Manto Resistente	Blocos Antifer 500 kN	Inclinação	2(H):1(V)			
	Manto Interior	Enrocamento 20 - 40 kN	Inclinação	2(H):1(V)			
	Onda de Projeto (Hs)	Rumo NE 9,0 m	Núcleo	Caixotões de Betão			
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem - 6.150 m ³ ; Fabrico e colocação de blocos Antifer de 50 ton - 2100 unidades; Enrocamentos seleccionados - 68.500 m ³ ; Betões - 62.150 m ³ ; Enchimento de caixotões - 27.700 m ³ ; Aço em armaduras - 1283 ton; T.O.T - 123.200 m ³ ; Revestimentos - 980 m ²						
Perfil Transversal							
Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.							

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 19/06/2013

Planta Geral do Porto

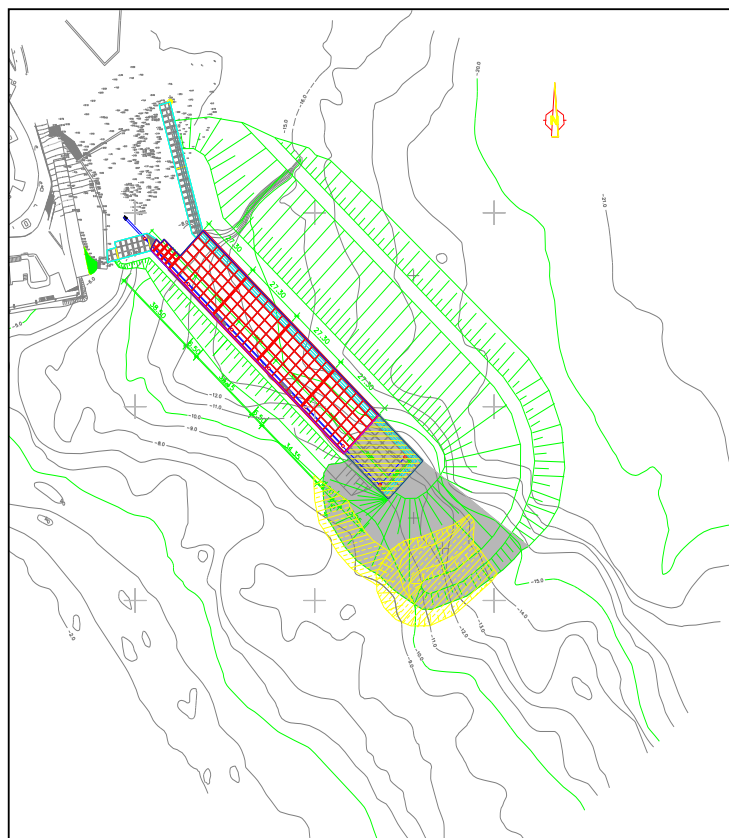


Figura 3 - Planta geral do porto do Porto Moniz.

Imagem do Local

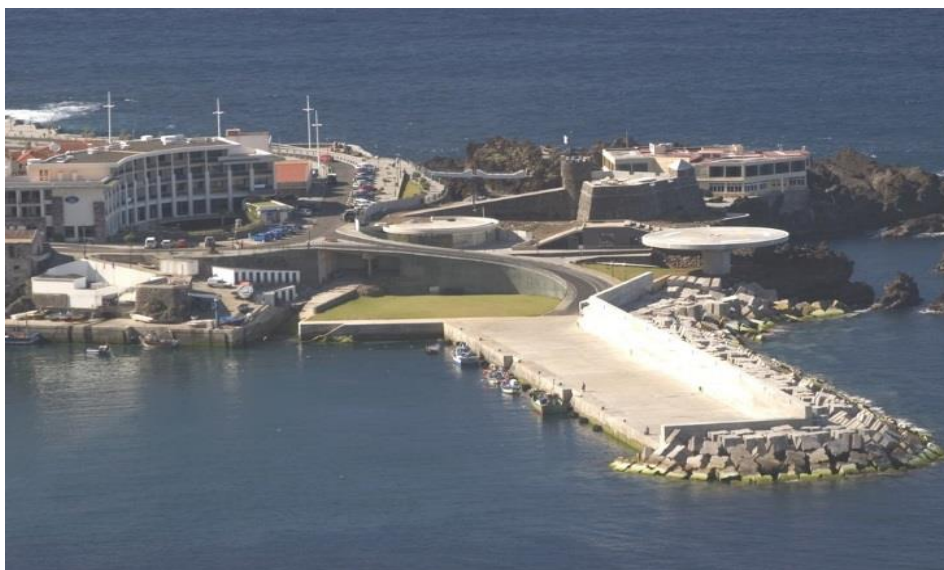


Figura 4 - Vista para o interior da bacia do porto do Porto Moniz.

Registo Fotográfico



Figura 5 - Manto resistente constituído por blocos "Antifer" (fevereiro de 2013).



Figura 6 - Superestrutura com muro cortina (fevereiro de 2013).



Figura 7 - Bloco "Antifer" de 50 toneladas (fevereiro de 2013).

Registo Fotográfico no Momento da Construção



Figura 8 - Enchimento dos caixotões.



Figura 9 - Colocação dos blocos "Antifer", na cabeça do quebramar.



Figura 10 - Construção do muro cortina.

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Cais Acostável do Seixal		N.º <u>16</u> QEM
Localização	Concelho	Porto Moniz	
	Georreferenciação	Lat. 32°49' N / Long. 17°6' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Cais acostável do Seixal, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O Cais do Seixal, está enraizado na costa Norte da ilha da Madeira, na freguesia do Seixal que pertence ao concelho de Porto Moniz.</p> <p>O Cais foi construído com a finalidade de servir de apoio a embarcações de tráfego local, pesca e de recreio. Este cais foi executado em várias fases, a última fase correspondeu à ampliação do quebramar mantendo o tipo de solução estrutural adotado na fase anterior, visando assim, aumentar o comprimento total da estrutura. A infraestrutura ficou munida de um cais com 106 m, em fundos de -3,00 m (ZH) a -6,00 m (ZH). Esta é composta por um núcleo T.O.T, com o manto resistente constituído por blocos cúbicos de betão, “Antifer”. A superestrutura é materializada por aduelas fundadas à cota -3,5 m (ZH), sobre o prisma de T.O.T, com exceção da cabeça, que está fundeada à cota -4,50 m (ZH). O coroamento do cais encontra-se à cota +4,50 m (ZH), protegido por muro cortina à cota +7,00 m (ZH).</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	AFAVIAS Engenharia e Construções, SA		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado	3.676.500,00 €			
Entidade Executante	Em Consórcio: SOMAGUE S.A, ETERMAR S.A	Duração da Obra	120 dias 8 meses (2ª Fase)			
Classificação	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	6
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista					
Características Globais	Cota de Coroamento	+ 7,00 m (ZH)	Cota de Serviço	- 2,30 m (ZH)		
	Comprimento	106,00 m	Largura	6,10 m		
	Manto Resistente	Blocos Antifer 400 kN	Inclinação	2(H):1(V)		
	Manto Interior	Enrocamento 3-7 kN	Inclinação	1(H):1(V)		
	Onda de Projeto (Hs)	8,10 m	Núcleo	Aduelas de Betão		
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Enrocamentos – 8.838 m³; Armaduras – 266.980 kg de aço A400NR Betão em: Enchimentos – 382 m³; Aduelas – 1.052 m³; Superestrutura – 1.200 m³; Blocos Cúbicos Antifer de 400 kN – 5.673 m³.					
Perfil Transversal						
<p>Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.</p>						

Inventariado por: João Neves

Data: 01/06/2013

*Dono de Obra

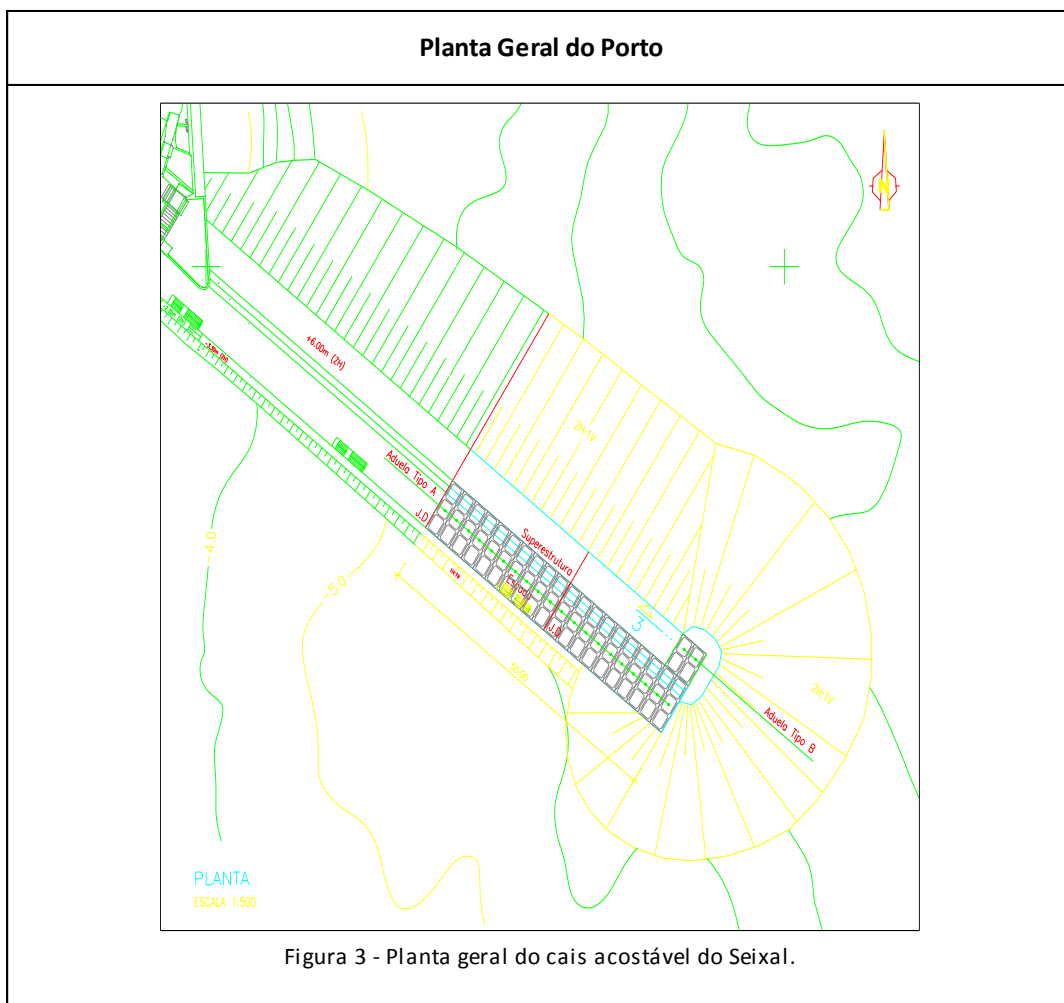


Figura 3 - Planta geral do cais acostável do Seixal.

Imagem do Local



Figura 4 - Cais acostável do Seixal.

Registo Fotográfico



Figura 5 - Cais acostável do Seixal (fevereiro de 2013).



Figura 6 - Manto resistente constituído por blocos "Antifer" (fevereiro de 2013).

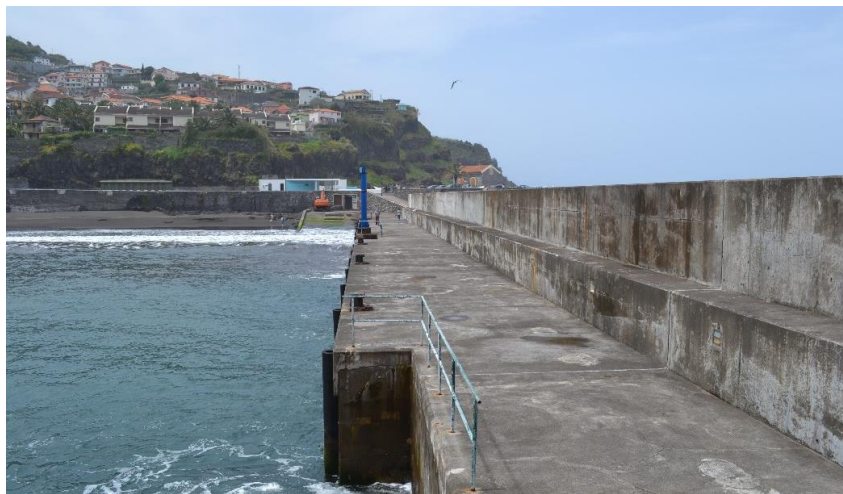


Figura 7 - Superestrutura com muro cortina (fevereiro de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Proteção da Zona Balnear de Ponta Delgada		N.º <u>17</u> QT
Localização	Concelho	São Vicente	
	Georreferenciação	Lat. 32°49' N / Long. 16°59' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Proteção da zona balnear de Ponta Delgada, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O quebramar construído localiza-se aproximadamente 40 m a Norte do complexo balnear de Ponta Delgada. Os objetivos desta estrutura consistem na proteção da piscina de Ponta Delgada e a criação de uma zona de banhos abrigada, porém pela freguesia onde a mesma está implantada ter por tradição a pesca artesanal proporcionou a possibilidade de transformar a bacia num pequeno porto de atracação improvisado durante alguns meses do ano (utilização sazonal).</p> <p>A obra de abrigo é constituída por um quebramar em talude, com enraizamento no muro de alvenaria situado a poente da piscina com uma orientação aproximada E-W, um comprimento total de 156 m e o manto resistente constituído por enrocamento e duas camadas de blocos cúbicos "Antifer" com coroamento à cota +5,00 m (ZH).</p>			
Fontes de Informação	SREST - Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes		
	AFA - AFAVIAS Engenharia e Construções, SA		

Adjudicatário*	SREST - Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes		Custo Aproximado			
Entidade Executante	AFAvias		Duração da Obra	2003 - 2004 (180 Dias)		
Classificação	TIPO		I	CÓDIGO	A	CLASSE 1
Tipo de Solução	Quebramar de Taludes					
Características Globais	Cota de Coroamento	+5,00 m (ZH)		Cota de Serviço		
	Comprimento	156,00 m		Largura	8,60 m	
	Manto Resistente	Blocos Antifer 60 kN		Inclinação	2(H):1(V)	
	Manto Interior	Blocos Antifer 60 kN		Inclinação	1,5(H):1(V)	
	Onda de Projeto (Hs)	4,7 m		Núcleo	T.O.T	
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagem – 1.600 m³; Enrocamentos – 8.250 m³; Betão em: Blocos Cúbicos Antifer de 60 kN – 4.290 m³.					
Perfil Transversal						
Figura 2 - Perfil Transversal - Corpo do quebramar.						

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 30/07/2013

Planta Geral

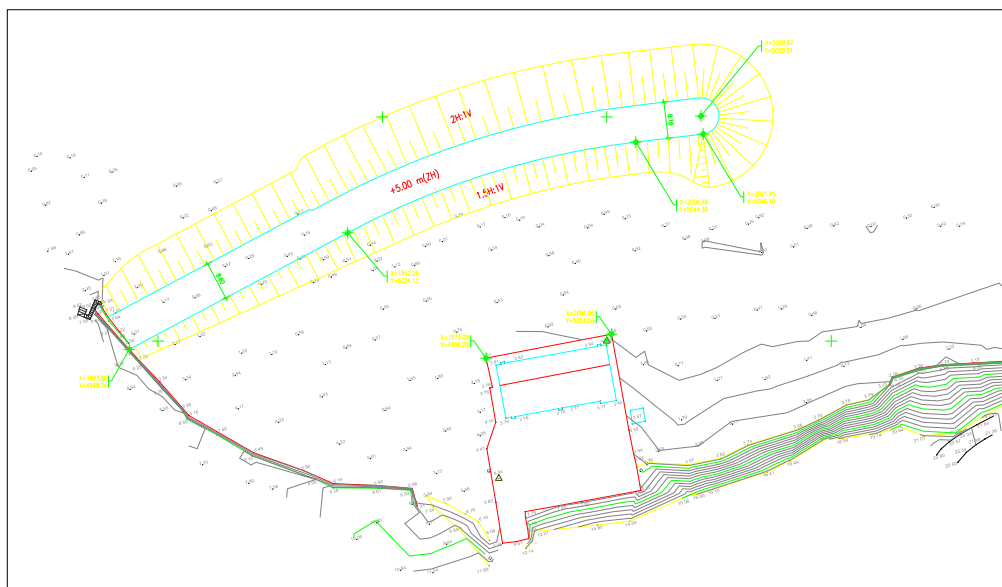


Figura 3 - Planta geral do quebramar de proteção.

Imagem do Local



Figura 4 - Proteção da zona balnear de Ponta Delgada.

Registo Fotográfico



Figura 5 - Quebramar de proteção da zona balnear de Ponta Delgada (julho de 2013).



Figura 6 - Enraizamento e bacia proporcionada pelo quebramar (julho de 2013).



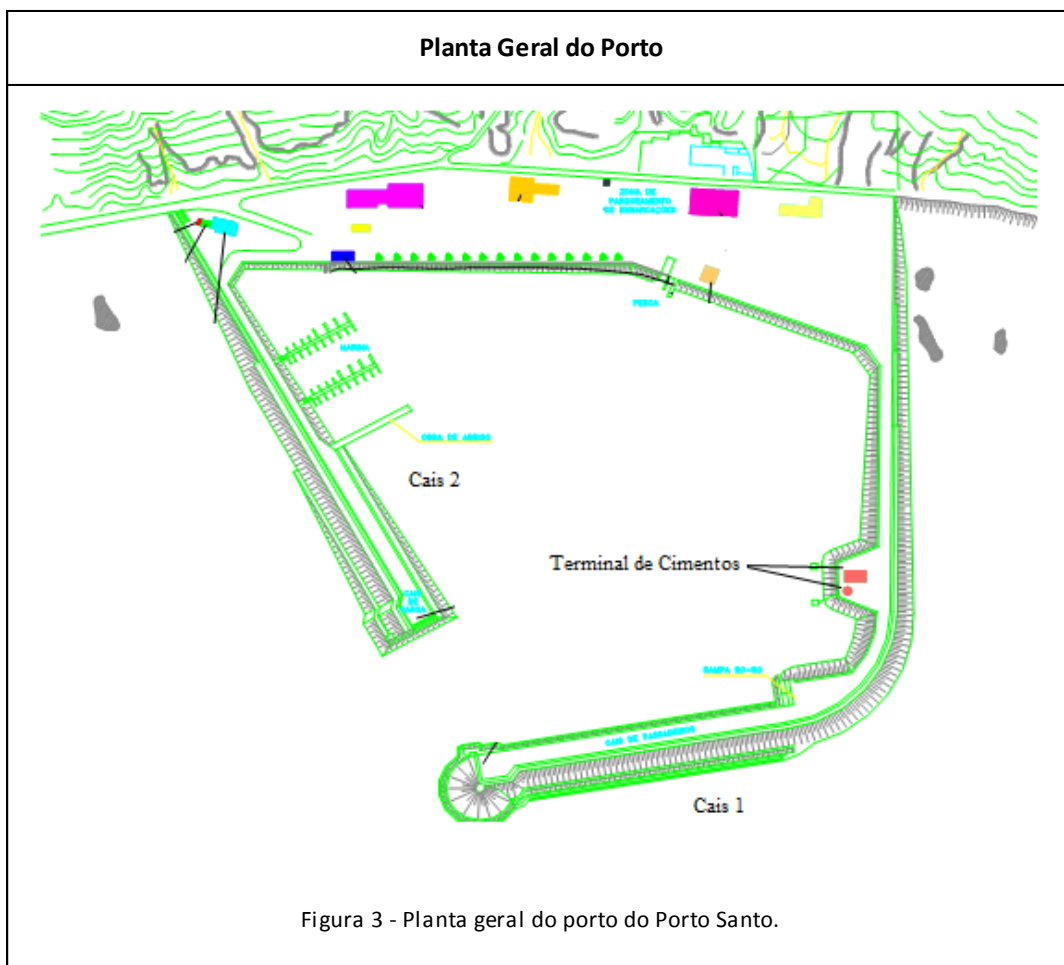
Figura 7 - Coroamento do quebramar de proteção (julho de 2013).

 FICHA DE INVENTÁRIO DOS QUEBRAMARES PORTUÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA			
Designação	Porto da Ilha do Porto Santo		N.º <u>18</u> QEM
Localização	Concelho	Porto Santo	
	Georreferenciação	Lat. 33°3' N / Long. 16°18' W	
Imagem Vertical do Local			
			
Figura 1 - Porto do Porto Santo, software Google earth.			
Descrição Geral			
<p>O Porto de abrigo do Porto Santo localiza-se na costa Sul da ilha na extremidade Nascente da extensa praia arenosa, que ocupa quase a totalidade deste troço da ilha, com cerca 9 km. Este porto é destinado essencialmente à acostagem de navios de cruzeiro, ligações inter-ilhas (tráfego de passageiros e de mercadorias regionais), carga geral contentorizada e granéis sólidos.</p> <p>Os dados apresentados nesta ficha correspondem à última reparação que foi levada a cabo no molhe principal do Porto do Porto Santo.</p> <p>O Porto é protegido por quebramar e por um contra-molhe, o quebramar foi alvo de uma intervenção que consistiu na reabilitação do talude, fundamentalmente na substituição do manto resistente de tetrápodes de 160 kN por um manto de blocos cúbicos "Antifer" 300 kN, e no reperfilamento do troço Norte-Sul.</p>			
Fontes de Informação	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A		
	www.seth.pt consultado a 6 maio de 2013		
	www.etermar.pt consultado 7 maio de 2013		

Adjudicatário*	APRAM - Administração dos Portos da Madeira, S.A	Custo Aproximado	19.000.000,00 €				
Entidade Executante	Em Consórcio: SETH S.A, ETERMAR S.A, SOMAGUE S.A, TÂMEGA S.A	Duração da Obra	2007 - 2009 (24 meses)				
Classificação	➔	TIPO	I	CÓDIGO	A	CLASSE	5
Tipo de Solução	Quebramar de Estrutura Mista						
Características Globais	Cota de Coroamento	Variável ($\cong + 10,50$ m (ZH))			Cota de Serviço	- 7,00 m (ZH)	
	Comprimento	900,00 m			Largura	18,00 m	
	Manto Resistente	Blocos Antifer 300 kN			Inclinação	2(H):1(V)	
	Manto Interior	Enrocamento 2,5-5 kN			Inclinação	4(H):3(V)	
	Onda de Projeto (Hs)	7,4 m			Núcleo	T.O.T	
Aspetos Técnicos Relevantes	Quantidades apuradas na construção desta obra: Dragagens em areias - 25.000 m ³ ; Blocos Cúbicos Antiferes de 300 kN - 4.000 un.; Enrocamento (2 a 3 ton) - 85.000 ton; Tetrápodes de 100 kN (Novos) - 350 un.; T.O.T - 1.540 m ³ ; Tetrápodes de 100 kN (Existentes, removidos e reaplicados) - 5.000 un.; Betão C35/45 - 52.000 m ³						
Perfil Transversal							
Figura 2 - Perfis Transversais - Corpo do quebramar (Antes e Depois do reperfilamento com blocos "Antifer").							

Inventariado por: João Neves
 *Dono de Obra

Data: 25/05/2013



Registo Fotográfico no Momento da Construção



Figura 5 - Colocação dos blocos "Antifer", no manto resistente.



Figura 6 - Grua de grande capacidade *Manitowock 4100*, com deslocação sobre carris.



Figura 7 - Trabalhos concluídos no manto resistente do porto do Porto Santo.

Anexo D

Visita à obra de intervenção nas ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes

PROJETO DAS INTERVENÇÕES NOS TROÇOS TERMINAIS DAS RIBEIRAS DE SÃO JOÃO, DE SANTA LUZIA E DE JOÃO GOMES

➤ Visita à obra referente à intervenção nas ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes

1.1 ENQUADRAMENTO GERAL

Uma das componentes específicas desta obra trata-se da proteção marítima da frente Nascente da Cidade do Funchal (Obras Marítimas), entre a foz das ribeiras de Santa Luzia, de João Gomes e o Forte de São Tiago, tem por objetivo minimizar a ocorrência de galgamentos do passeio marítimo em situações de temporal, eliminando os danos nas instalações e infraestruturas adjacentes, como também promover a requalificação paisagística desta área.

A proteção marítima consiste na construção de um esporão e de um quebramar destacado, conjugados com praias a eles adjacentes do tipo tómbolo (Figura 1.1).

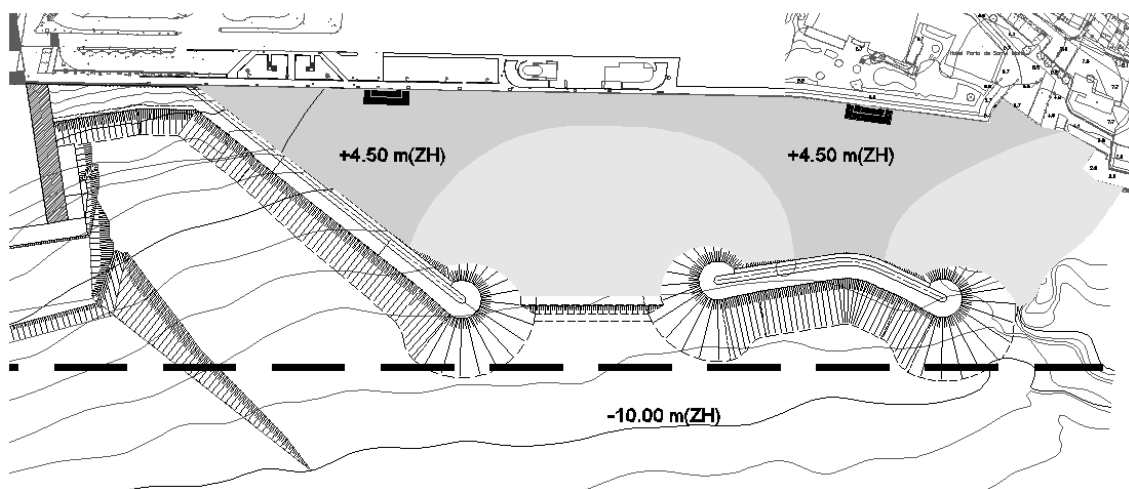


Figura 1.1 - Proteção marítima da frente Nascente da Cidade do Funchal (WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A.; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A, 2011).

O esporão tem um comprimento de aproximadamente 250 m, sendo que entre o seu enraizamento e o muro Nascente da foz das ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes, numa extensão de 70 m, será executada uma proteção marítima em talude aderente ao muro da Avenida Marginal. Esta obra tem coroamento variável entre as cotas +7,00 m (ZH) e +6,30 m (ZH), uma superestrutura de betão ciclópico com 4 m de largura, com coroamento entre as cotas

+6,20 m (ZH) e +5,50 m (ZH) e um manto de proteção constituído por tetrápodes de 151,2 kN (6,3 m³) e 240 kN (10 m³).

O quebramar destacado tem um comprimento de aproximadamente 120 m. Esta obra têm coroamento à cota +6,30 m (ZH), uma superestrutura de betão ciclópico com 4,0 m de largura, com coroamento à cota +5,50 m (ZH) e um manto exterior de proteção constituído por duas camadas de tetrápodes de 240 kN (10 m³).

No troço adjacente às cabeças do esporão e do quebramar, o manto interior de protecção é constituído por uma camada de blocos cúbicos “Antifer” de 100 kN (WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A, 2011).

1.2 OBJETIVO DA VISITA

Com a visita à referida obra a 03/05/2013 pretendeu-se essencialmente observar o processo de pré-fabricação dos blocos artificiais de betão, uma vez que esta temática foi alvo de análise nesta dissertação.

Esta visita revelou-se um pólo de interesse, na medida em que foi possível interagir diretamente com a fase de execução de obra.

1.3 TIPO, CLASSE E QUALIDADE DOS BETÕES E DO AÇO

O Quadro 1.1 descreve as características do betão e do aço utilizados na obra em causa.

Quadro 1.1 – Características do betão utilizado nem blocos pré-fabricados (WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A; Norvia Prima - Engenharia e Arquitectura, S.A, 2011).

BETÃO				
	NP EN 206-1 (2005)		Rec.	Dmáx
	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	mm	mm
Betão simples, no enchimento de aduelas				
em esporões	C25/30	X0	---	---
no leito da ribeira	C35/45	XA2	---	
em blocos pré-fabricados	C30/37	XA2		19
Betão armado em aduelas	C35/45	XS3	55	19
Betão armado em superestruturas				
AÇO				
Em armaduras ordinárias	A500 NR			

1.4 CARACTERÍSTICAS DOS TETRÁPODES UTILIZADOS

Na Figura 1.2 são apresentadas as características geométricas e a representação esquemática do tetrápode de 151.20 kN utilizado.

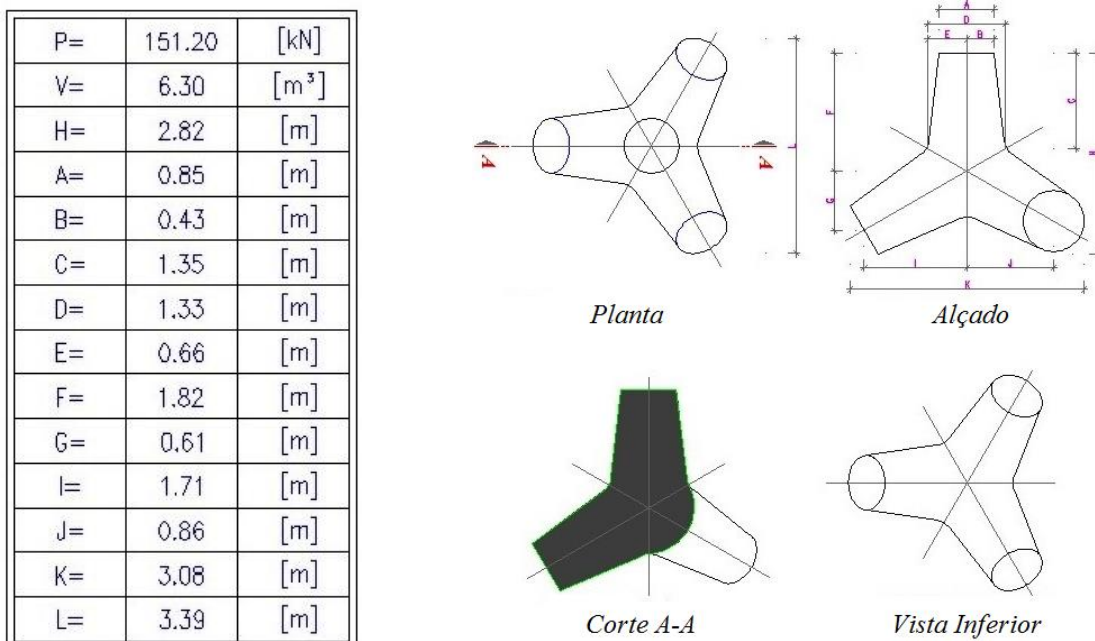


Figura 1.2 – Tetrápode de 6.3 m³.

1.5 PRÉ-FABRICAÇÃO DE TETRÁPODES

De seguida é descrito de forma sucinta como se processa a pré-fabricação de tetrápodes:

- São utilizadas cofragens de metal com três elementos laterais e um inferior, suficientemente estanques para evitar a fuga de betão através das juntas;
- As cofragens dos blocos devem estar assentes numa superfície horizontal de betão;
- A betonagem dos blocos deve ser efetuada de forma contínua através do topo, recorrendo às aberturas específicas na cofragem para permitir a vibração do betão nas pernas inferiores;
- No fim deste processo não deve ser permitida a descofragem sem pelo menos três dias de presa;

- As superfícies dos blocos devem ser regadas com regularidade e nos primeiros três dias este processo deve ser executado com água doce;
- Após a descofragem, os tetrápodos devem ser armazenados para cura durante cerca de 28 dias antes de serem colocados.

1.6 REGISTO FOTOGRÁFICO

Na sequência da deslocação ao local, foi efetuado um registo fotográfico de modo a ilucidar o processo de pré-fabricação de tetrápodes anteriormente descrito.

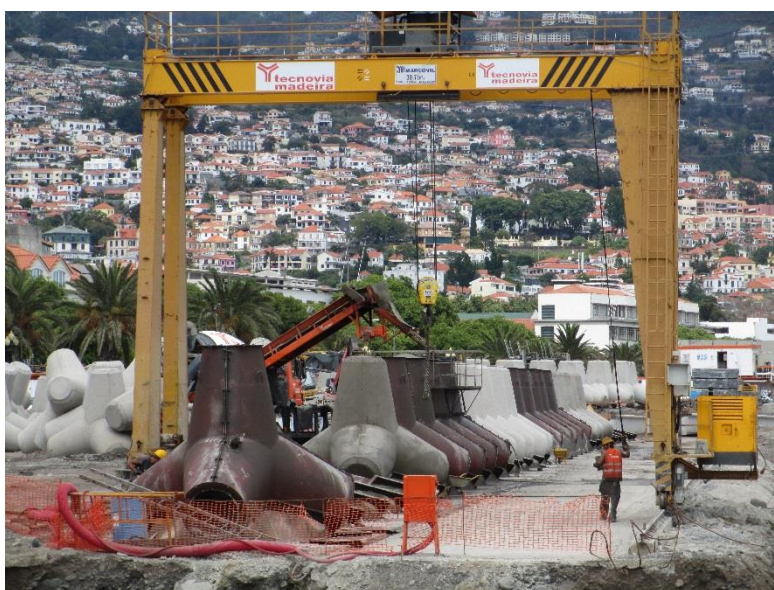


Figura 1.3 – Zona de pré-fabricação de tetrápodes.



Figura 1.4 – Fase de enchimento do molde com betão.



Figura 1.5 – Armazenamento dos tetrápodes antes da sua colocação.