



Tiago Gonçalves do Carmo Mesuras

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Estratégia de Adaptação de frentes urbanas ao risco de galgamentos e inundações costeiras – O Caso de Estudo do Furadouro (Ovar)

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais

Orientador: Professor Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Coorientador: Engenheiro António Alfredo da Silva Mota Lopes, Técnico Superior – Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Júri

Presidente: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca

Arguente: Professor Doutor Carlos Manuel Prudente Pereira da Silva

Vogal: Professor Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira

Estratégia de Adaptação de frentes urbanas ao risco de galgamentos e inundações costeiras – O Caso de Estudo do Furadouro (Ovar)

© Tiago Gonçalves do Carmo Mesuras
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Para a minha Avó Catarina.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação é o resultado da conjugação de diversos apoios e incentivos de diversas pessoas às quais gostaria de expressar o meu mais profundo e sincero reconhecimento por terem contribuído de forma direta ou indireta para sua realização.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores:

Ao Professor Doutor José Carlos Ferreira, pela confiança e por ter despertado o meu interesse para a investigação científica na área das zonas costeiras, dos riscos ambientais e das alterações climáticas. Pela sua orientação e pela acessibilidade e disponibilidade por me encaminhar para o sítio certo, a minha maior gratidão.

Ao Engenheiro António Mota Lopes, pela confiança, pela dedicação, pelas sugestões e ideias, pelos contributos fundamentais, pela sabedoria e muita paciência. Obrigado pelo enorme volume de conhecimento que me transmitiu e pela sua boa disposição diária.

É importante deixar um agradecimento especial a todos os colegas do DLPC pela simpatia e acessibilidade com que me receberam, em especial ao Fábio Cardona e ao André Nunes que pela sua solidariedade e disponibilidade em fases críticas ajudaram-me a manter a clarividência e o rumo. Os meus muito sinceros agradecimentos.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia e em especial do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, por contribuírem para a minha formação pessoal e académica.

À Agência Portuguesa do Ambiente I.P. pela oportunidade de me proporcionarem um estágio e todas as condições para realizar esta dissertação.

À minha família por todo o apoio ao longo destes anos e por me formarem enquanto pessoa.

RESUMO

A sustentabilidade costeira de Portugal Continental está ameaçada por pressões de origem natural e antropogénica, potenciadas pelas alterações climáticas. Nos litorais baixos arenosos da região centro verifica-se um recuo da linha de costa que coloca os aglomerados urbanos costeiros em situação de risco. O aglomerado urbano do Furadouro é alvo de galgamentos e inundações costeiras frequentes necessitando urgentemente de uma solução que mitigue estes dois fenómenos.

Esta dissertação apresenta uma proposta de estratégia de adaptação, com a utilização das abordagens de defesa, acomodação e retirada planeada. Tendo como objetivo aumentar a sua resiliência aos galgamentos e inundações costeiras e, ao mesmo tempo, requalificá-la, pretende-se valorizar a frente urbana, e conseqüentemente o aglomerado, nas componentes ambiental, económica e social.

A proposta de adaptação foi elaborada de forma a ter 4 fases e foi estimado o investimento necessário para a sua implementação e manutenção num horizonte de 50 anos. Estima-se que a situação atual de defesa seja menos sustentável do ponto de vista económico que as abordagens de retirada planeada e acomodação dentro do horizonte de 50 anos.

Pretende-se que esta dissertação constitua uma base de trabalho para a elaboração de planos de adaptação de cada aglomerado urbano costeiro, sendo que cada subcélula deve ter o seu plano de adaptação onde constam os planos de todos os aglomerados presentes na subcélula numa perspetiva integrada, mas respeitando as peculiaridades de cada aglomerado, com o auxílio das comunidades locais na sua elaboração.

Esta dissertação resultou de um estágio efetuado na Agência Portuguesa do Ambiente I.P.

Palavras-chave: Sustentabilidade Costeira; Adaptação; Galgamento; Inundação Costeira; Alterações Climáticas; Retirada Planeada; Acomodação; Defesa.

ABSTRACT

The coastal sustainability of Portugal's mainland is threatened by natural and anthropogenic pressures which are and will be catalyzed by climate change. In the low-lying sandy coastal regions of Portugal's Center Region, shoreline retreat is clear and coastal urban areas are in risk. The coastal community of Furadouro constantly suffers from overtopping and coastal flooding and it is in urgent need of a solution that mitigates these two phenomena.

This thesis presents a proposal of an adaptation strategy with the use of defense, accommodation and planned retreat approaches. The goal is to increase the resilience of the community against overtopping and coastal flooding, and, at the same time, the requalification of the urban front, resulting in a valorization in the environmental, economic and social chapters.

This adaptation proposal was made in order to have 4 phases and it was predicted the investment needed for its implementation and maintenance for a period of 50 years. It is estimated that the actual defense situation will be less sustainable from an economical point of view than the retreat and accommodation approaches between this period.

This dissertation should be a theoretical referential for the elaboration of adaptation plans for each coastal community. These plans must be made in a sub cell context and should be a part of a major adaptation plan for each sub cell in order to properly take care of the sediment budget issue. The local communities must be consulted and have an active role in the making of these plans.

This thesis resulted from an internship at the Portuguese Environmental Agency (Agência Portuguesa do Ambiente I.P.).

Keywords: Coastal Sustainability; Adaptation; Overtopping; Coastal Flood; Climate Change; Planned Retreat; Accommodation; Defense.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Organização da dissertação	2
1.4	Metodologia geral	2
2	Caracterização do Litoral	5
2.1	Enquadramento	5
2.1.1	Células Sedimentares	5
2.1.2	Evolução da linha de costa	8
2.1.3	Uso e Ocupação do solo no litoral	10
2.1.4	Legislação e Instrumentos de Políticas Públicas	12
2.2	Ações Naturais	19
2.2.1	Ciclones	19
2.2.2	Sobrelevação do Mar de Origem Meteorológica	20
2.2.3	Vento	20
2.2.4	Agitação Marítima	21
2.2.5	Maré Astronómica	23
2.3	Ações Antropogénicas	24
2.3.1	Dragagens e Exploração de Inertes	24
2.3.2	Obras de Regularização de caudais (Barragens)	25
2.3.3	Ocupação do Litoral	27
2.3.4	Alterações Climáticas	29
2.4	Sedimentos: Ciclo e Balanço Sedimentar	31
2.5	Vulnerabilidade; Perigo; Exposição, Risco e Resiliência	35
2.6	Gestão de Risco e Estratégia de Adaptação	35
2.6.1	Defesa	36
2.6.2	Acomodação	40
2.6.3	Retirada Planeada	46
2.7	Posições dos Instrumentos de Gestão Territorial	47
2.7.1	Estratégia de Adaptação de Aglomerados Costeiros às Alterações Climáticas e Gestão do Risco	47
2.7.2	Política de Gestão Sedimentos	48
3	Caracterização da Área de Estudo	51
3.1	Metodologia	52
3.2	Análise Litológica	52
3.3	Altimetria e as fragilidades geradas	54
3.4	Declives	56
3.5	Perfis Altimétricos	57
3.6	Coberto Vegetal	60

3.7	Deriva litoral e balanço sedimentar	62
3.8	Evolução da linha de costa.....	63
3.9	Uso do Solo.....	65
3.10	População.....	67
3.11	Edificado.....	67
3.12	Ordenamento do território.....	71
3.13	Exposição; Vulnerabilidade e Risco	77
3.14	Estruturas de defesa Costeira	82
3.15	Intervenções.....	86
3.16	Ocorrências	87
4	Propostas de adaptação	91
4.1	Metodologia.....	104
4.2	Fase 1.....	105
4.2.1	Fase 1A.....	105
4.2.2	Fase 1B.....	110
4.3	Fase 2.....	114
4.4	Fase 3.....	128
4.5	Fase 4.....	138
4.6	Análise comparativa entre as diferentes fases	141
5	Conclusão	147
5.1	Considerações finais	147
5.2	Desenvolvimentos futuros	148
6	Bibliografia.....	149
7	Anexos	156
7.1	Eventos.....	156
7.2	Perfis de Terreno.....	158
7.3	Perfis de Superfície	159
7.4	Investimento necessário para a Fase 1A e 1B	160
7.5	Investimento necessário para a Fase 2.....	161
7.6	Investimento necessário para a Fase 3.....	162
7.7	Investimento necessário para a Implementação Progressiva.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Metodologia geral.....	3
Figura 2. 1 Divisão do litoral de Portugal Continental em células e subcélulas sedimentares	6
Figura 2.2a) Evolução da posição da linha de costa (A - Último Máximo Glaciário; B - Final da Deglaciação; C – Início do Dyras Recente; D - Início do Holocénio; E – cota atual aproximada; F – na atualidade); b) evolução da posição da frente polar.....	9
Figura 2.3 a) Taxas de variação da linha de costa para a subcélula 1b; b) recuo da linha de costa para um troço da subcélula 1b.....	10
Figura 2.4 Estrutura ferroviária e estâncias balneares em 1908	10
Figura 2.5a) Poluição luminosa na Península Ibérica; b) Mapa de Portugal Continental com densidade populacional para cada concelho	11
Figura 2. 6 Linha limite do leito em Abril de 2018 e faixas de salvaguarda a Sul da Cova Gala, em Abril de 2018	17
Figura 2.7 Carta meteorológica de isóbaras e geopotencial 1	19
Figura 2.8 Carta meteorológica de isóbaras e geopotencial 2	20
Figura 2.9 Esquematização das forças e da direção da circulação horizontal do ar em sistemas de pressões para o Hemisfério Norte.....	21
Figura 2.10 Histórico dos valores da altura máxima e significativa, em metros (m), da agitação marítima recolhidos pela Bóia Ondógrafo de Leixões	22
Figura 2.11 Histórico dos valores do Período Máximo e Médio, em segundos (s), da agitação marítima recolhidos pela Boia Ondógrafo de Leixões.....	22
Figura 2. 12 Histórico da direção em graus (°), da agitação marítima recolhidos pela Bóia Ondógrafo de Leixões	23
Figura 2.13 Esquematização dos impactos gerados pela atividade de dragagem.....	24
Figura 2.14 Dragagem realizada na Ria de Aveiro em 1998.....	25
Figura 2.15 Área das bacias hidrográficas que fornecem sedimentos ao litoral (a laranja) e área das bacias hidrográficas cujo fornecimento está condicionado por barragens (a bege)	26
Figura 2.16a) Imagem de satélite (<i>Aqua - True Color</i>). Pluma de sedimentos a vermelho; b) esquema do transporte sedimentar numa barragem.....	26
Figura 2.17 Aparente avanço do aglomerado em direção ao mar devido ao efeito da obra de defesa	27
Figura 2.18 a) Costa Alentejana (Grândola). Arriba de erosão; b) Edifícios em risco eminente na Praia de Faro.....	28
Figura 2.19 Praia do Carvalhal, Grândola. Fragmentação do sistema dunar por ação de pisoteio	28
Figura 2. 20 Variação de temperatura, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O e população ao longo dos anos	29

Figura 2.21 Disrupção do vórtice polar e conjugação entre sistemas de pressões.....	30
Figura 2.22 Esquema de entradas e saídas num sistema sedimentar	32
Figura 2. 23 Perfis de praia. Em cima perfil relativo a um clima de agitação marítima pouco energético. Em baixo perfil relativo a clima de agitação marítima muito energética	34
Figura 2. 24 Representação da alteração da linha de costa após a implementação de um esporão	37
Figura 2. 25 Alteração da linha de costa em função da implementação de um campo de quebra - mares destacados.....	38
Figura 2. 26 Perfil de praia com uma obra de defesa longitudinal aderente	39
Figura 2. 27 a) Barreira em tijolo e vidro; b) Barreira em betão; c) Barreira com ciclovia e espaço verde.....	41
Figura 2. 28 a) Pavimento permeável em betão; b) asfalto poroso; c) pavimento permeável em betão	41
Figura 2. 29a) Vala verde; b) Vala verde; c) Apoio de praia enquadrado no ecossistema dunar	42
Figura 2. 30 a) Grelha de drenagem; b) Aberturas nos lancis; c) Barreiras amovíveis	43
Figura 2. 31 Arriba consolidada na Praia da Poça (Cascais)	45
Figura 3.1 Enquadramento espacial da área de estudo.....	51
Figura 3.2 - Mapa com as unidades geológicas que ocorrem na área de estudo	53
Figura 3.3 Altimetria na área de estudo, produzido com recurso a VANT.....	55
Figura 3.4 Declives na área de estudo, produzido com recurso a VANT	56
Figura 3.5 Distribuição espacial dos perfis de terreno, produzido com recurso a VANT	58
Figura 3.6 Distribuição espacial dos perfis de superfície, produzido com recurso a VANT.....	59
Figura 3.7 NDVI da área de estudo e áreas adjacentes.....	61
Figura 3.8 Balanço sedimentar da subcélula 1b, onde se encontra a área de estudo	62
Figura 3.9 Troços costeiros em desequilíbrio sedimentar: a) Floresta das Dunas de Ovar a Norte do Furadouro; Sistema dunar com vegetação pouco consolidada a Sul do Furadouro	63
Figura 3.10 Recuo da linha de costa a Sul da obra longitudinal aderente do Furadouro	63
Figura 3.11 Variação da Linha de Costa na área de estudo e áreas adjacentes	64
Figura 3.12 Carta de Ocupação e Uso do Solo na área de estudo e adjacentes.....	65
Figura 3.13 Carta de Ocupação e Uso do Solo em 2015 da área de estudo e áreas adjacentes	66
Figura 3.14 Frente urbana, parte Sul, onde se vê o contraste entre construções mais antigas e mais baixas em primeiro plano com o loteamento que surgiu no extremo SW Erro! Marcador não definido.	

Figura 3.15 Densidade urbana do Furadouro	68
Figura 3.16 Edifícios e equipamentos no Furadouro.....	69
Figura 3.17 Regime Florestal e REN nas áreas adjacentes à área de estudo.....	72
Figura 3.18 Planta de Ordenamento do Furadouro e áreas adjacentes.....	73
Figura 3.19 Património existente no Furadouro	74
Figura 3.20 Faixas de Salvaguarda do POC – OMG	75
Figura 3.21 Alternativa de faixas de salvaguarda.....	76
Figura 3.22 Carta de exposição da área de estudo.....	79
Figura 3.23 Carta de vulnerabilidade da área de estudo.....	80
Figura 3.24 Carta de Risco	81
Figura 3.25 Esporão Sul do Furadouro	82
Figura 3.26 Esporão Norte do Furadouro.....	82
Figura 3.27 Obra longitudinal aderente entre os esporões do Furadouro	83
Figura 3.28 Obra longitudinal aderente a Norte do esporão Norte do Furadouro	83
Figura 3.29 Extremidade Sul da obra longitudinal aderente do Furadouro.. ..	84
Figura 3.30 Muro e blocos rochosos na parte Sul da frente urbana do Furadouro.. ..	84
Figura 3.31 Estruturas de Defesa leves e pesadas existentes no aglomerado e litoral adjacente.	85
Figura 3.32 Zona inundada durante algumas das ocorrências do anexo 1	88
Figura 3.33 Estruturas de defesa comprometidas	89
Figura 3.34 Inundação no aglomerado urbano.....	89
Figura 3.35 Inundação costeira.....	90
Figura 3.36 Inundação costeira.....	90
Figura 4.1 Zonas que necessitam de maior atenção por serem mais vulneráveis aos galgamentos.....	94
Figura 4.2 a) Desenho em 3D de um muro côncavo; b) Pormenor em zonas de descontinuidade.	97
Figura 4.3 Sugestões para enquadramento do muro	97
Figura 4.4 Exemplo de um pavimento permeável.. ..	97
Figura 4.5 Barreira de contenção amovível.....	98
Figura 4.6 a) Desenho de grelha plana; b) desenho em 3D de grelha sinuosa.	99

Figura 4.7 Tubagens (a vermelho) que encaminham a água para bacia de retenção.	100
Figura 4.8 Exemplos de estruturas de altura variável	100
Figura 4. 9 Formas de dissimular barreias numa frente urbana	101
Figura 4. 10 a) Formas de dissimular barreias numa frente urbana	101
Figura 4. 11 a) Edifício duna	102
Figura 4. 12 Pescódromo de Lavos.....	102
Figura 4. 13 Parques infantis como obstáculo ao avanço da água..	103
Figura 4. 14 Mapa da Fase 1A, parte Norte.	107
Figura 4. 15 Mapa da Fase 1A, parte Sul.....	108
Figura 4. 16 Peso relativo de cada abordagem – Fase 1A.	109
Figura 4. 17 Mapa da Fase 1B, parte Norte.	111
Figura 4.18 Mapa da Fase 1B, parte Sul.....	112
Figura 4. 19 Peso relativo de cada abordagem – Fase 1B.	113
Figura 4. 20 Mapa da Fase 2, edifícios a retirar.	115
Figura 4. 21 Mapa da Fase 2, parte Norte.	118
Figura 4. 22 Mapa da Fase 2, parte Sul.	119
Figura 4. 23 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte Norte.	120
Figura 4. 24 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte central.	121
Figura 4. 25 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte Sul.....	122
Figura 4. 26 Estruturas na zona central da frente urbana (fase 2).	123
Figura 4. 27 Pormenor da rampa de acesso e apoios de praia móveis que se aproximam da linha de costa na época balnear (fase 2).	124
Figura 4. 28 Representação dos blocos amovíveis.....	124
Figura 4. 29 Mapa da Fase 2, ponto fraco a Sul do aglomerado.....	125
Figura 4. 30 Peso relativo de cada abordagem – Fase 2.....	126
Figura 4. 31 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT.	128
Figura 4. 32 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT e frente urbana	128
Figura 4. 33 Mapa da Fase 3, edifícios a retirar.	129
Figura 4. 34 Mapa da Fase 3, parte Norte.	131
Figura 4. 35 Mapa da Fase 3, parte Sul.	132

Figura 4. 36 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, parte Norte.	133
Figura 4. 37 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, Centro.	134
Figura 4. 38 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, parte Sul.....	135
Figura 4. 39 Peso relativo de cada abordagem – Fase 3.....	136
Figura 4. 40 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT.....	137
Figura 4. 41 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT e frente urbana	138
Figura 4. 42 Mapa da Fase 4, edifícios a retirar.	139
Figura 4. 43 Estimativa de investimento necessário a cada 5 anos para cada fase em milhões de euros.	142
Figura 4. 44 Investimento acumulado necessário para cada fase em milhões de euros.	143
Figura 4. 45 Gráficos de cada fase com indicação da percentagem de critérios não cumpridos, cumpridos parcialmente e cumpridos relativos ao Decreto-Lei 302/90, de 26 de Setembro.	144

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Instrumentos jurídicos relevantes para a gestão costeira.....	12
Tabela 2. 2 Processos de transporte sedimentar e respetivas fontes e sumidouros.....	33
Tabela 2. 3 Obras/intervenções usadas para implementar uma abordagem de defesa	36
Tabela 2. 4 Medidas usada para implementar uma abordagem de acomodação	40
Tabela 3.2 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – situação atual.	70
Tabela 3.3 Quadro com intervenções de defesa costeira no Furadouro. Fonte SIARL e Silva, 2014.	86
Tabela 4.1 Ações e estruturas a implementar.	92
Tabela 4. 2 Análise das diferentes estruturas nas componentes ambiental, social e económica e resiliência ao galgamento.....	103
Tabela 4. 3 Preço em €/m das ações de defesa e acomodação de edifícios.....	104
Tabela 4. 4 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1A.....	109
Tabela 4. 5 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1B.....	113
Tabela 4. 6 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 2.	126
Tabela 4. 7 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 3.	136
Tabela 4. 8 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 4.	140
Tabela 4. 9 Análise SWOT.....	143

LISTA DE ABREVIATURAS

ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
APA	Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.
CE	Comissão Europeia
CM- Ovar	Câmara Municipal de Ovar
DGT	Direção Geral do Território
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ENAAC	Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas
ENGZIC	Estratégia nacional de Gestão Integrada de Zonas Costeiras
GTL	Grupo de Trabalho do Litoral
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
IGT	Instrumento de Gestão Territorial
IH	Instituto Hidrográfico
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LMPAVE	Linha Máxima de Preia-mar e Águas Vivas Equinociais
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NMM	Nível Médio do Mar
ONU	Organização das Nações Unidas
PDM	Plano Diretor Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
PIN	Potencial Interesse Nacional
PNPOT	Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território
POOC	Plano Ordenamento da Orla Costeira
POC	Programa da Orla Costeira Ovar – Marinha Grande
PROTC	Plano Regional do Ordenamento do Território do Centro
REN	Reserva Ecológica Nacional
RH	Região Hidrográfica
SIARL	Sistema de Administração do Recurso Litoral
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
3D	3 Dimensões

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

A sustentabilidade do litoral de Portugal Continental assume especial importância dada a relevância que este território possui no panorama nacional. O povo português possui uma estreita relação com o mar e o litoral funciona como elo de ligação, estando sujeito, por isso, a pressões não só de origem natural, mas também de origem antropogénica. Estas pressões podem ser potenciadas de forma indireta pelas alterações climáticas aumentando a vulnerabilidade das zonas costeiras em desequilíbrio. A localização geográfica de Portugal Continental num contexto de exposição direta em relação ao oceano atlântico traduz-se numa elevada dinâmica de processos costeiros. Do ponto de vista socioeconómico, esta dinâmica tem-se relevado como catalisador de desenvolvimento, atraindo pessoas para o litoral. Do ponto de vista de sustentabilidade, esta dinâmica tem resultado em perda de território devido ao desequilíbrio que se verifica em relação ao balanço sedimentar.

As alterações climáticas irão potenciar o efeito erosivo que as ações naturais já possuem, nomeadamente através da intensificação de tempestades, subida do nível médio do mar e rotação da direção média da ondulação. Por outro lado, obrigarão a uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos no Continente, levando a uma diminuição do fornecimento sedimentar ao litoral. As alterações climáticas têm então a capacidade para influenciar negativamente os dois lados do balanço sedimentar, a entrada e saída de sedimentos do sistema litoral.

Num contexto de perda de território generalizado, existem zonas especialmente problemáticas. É o caso dos litorais baixos arenosos da região centro que apresentam taxas de erosão preocupantes e onde se verifica a existência de aglomerados urbanos em áreas com indícios de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeiros muito elevado. É urgente aumentar a resiliência destes aglomerados para proteger pessoas e bens. Neste sentido, estes aglomerados deverão adotar uma estratégia de adaptação aos efeitos de galgamento e inundação costeira potenciados pelas alterações climáticas que inclua as abordagens de defesa, acomodação e retirada planeada, com especial ênfase para as duas últimas.

O aglomerado urbano do Furadouro encontra-se num litoral baixo arenoso com taxas de recuo acentuadas da linha de costa e em situação crónica no que diz respeito a galgamentos e inundações costeiros, necessitando urgentemente de uma resposta para esta problemática. Por este motivo, adotou-se o Furadouro como caso de estudo para esta dissertação.

Esta dissertação é o resultado de um estágio na Agência Portuguesa do Ambiente I.P., decorrido entre Maio e Setembro de 2018.

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo apresentar uma proposta de adaptação do aglomerado urbano do Furadouro aos efeitos de galgamento e inundação costeiros potenciados pelas alterações climáticas, protegendo pessoas e bens, por forma a aumentar a resiliência deste aglomerado e tornando este território mais sustentável. Pretende-se dar um contributo na área da adaptação às alterações climáticas de litorais baixos e arenosos, para que num futuro sejam implementadas estratégias de adaptação para todos os aglomerados inseridos nestes ambientes.

Dada a imprevisibilidade do ritmo de agravamento dos fatores responsáveis pela existência de galgamentos e inundações costeiros, a proposta aqui apresentada é composta por várias fases. Pretende-se fazer uma análise crítica entre as mesmas e do investimento necessário para implementar cada uma.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. No capítulo 1 é efetuado o enquadramento do problema, assim como os objetivos da dissertação. No capítulo 2 procedeu-se a uma revisão dos temas importantes no domínio do litoral. Aborda-se a divisão do litoral de acordo com as células sedimentares, o uso e ocupação do solo no litoral, assim como a legislação e instrumentos de políticas públicas. São ainda caracterizadas as ações naturais e antropogénicas que se verificam no litoral e também o efeito das alterações climáticas sobre os mesmos. É feita uma abordagem ao ciclo e balanço sedimentar e referidos os conceitos de Perigo; Exposição; Risco e Resiliência. Por fim, faz-se referência à gestão de risco e as posições dos instrumentos de gestão territorial sobre estas temáticas.

No terceiro capítulo procede-se à caracterização da área de estudo. São mencionados aspetos morfológicos, analisa-se a evolução da linha de costa e são apontadas intervenções e ocorrências registadas no Furadouro. No capítulo 4 é apresentada a proposta de adaptação nas suas diferentes fases e os respetivos custos. Por fim, é efetuada uma análise crítica comparativa entre as diferentes fases. No quinto e último capítulo é efetuada uma reflexão crítica sobre o trabalho desenvolvido, as limitações e as potencialidades, assim como eventuais desenvolvimentos futuros.

1.4 METODOLOGIA GERAL

As metodologias específicas para os capítulos da caracterização da área de estudo e proposta de adaptação encontram-se nos respetivos capítulos. O gráfico da figura 1.1 esquematiza a metodologia geral adotada para esta dissertação.

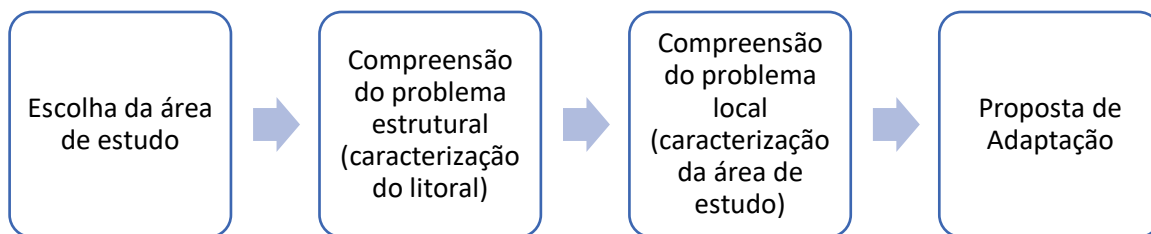


Figura 1. 1 Metodologia geral.

A escolha da área de estudo constituiu a primeira etapa deste trabalho. Primeiramente foi identificada uma subcélula, a subcélula 1B, com déficit sedimentar e que apresentasse aglomerados costeiros inseridos em litorais baixos arenosos. Dentro dos aglomerados existentes, procurou-se aquele em que a situação de galgamentos e inundações costeiras fosse mais dramática. O Furadouro.

Para que seja possível encontrar uma solução para o problema já identificado, foi necessário proceder a uma revisão da literatura para se compreender o problema, as suas origens e consequências no âmbito do litoral Português. Seguidamente procedeu-se à caracterização da área de estudo para se encontrarem as especificidades do local, essenciais para a elaboração da proposta de adaptação.

No âmbito da caracterização do litoral foi necessário algum trabalho de campo, nomeadamente a recolha de registos fotográficos em terra e no ar. Os *softwares* utilizados no âmbito desta dissertação encontram-se identificados em cada capítulo.

2 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL

2.1 ENQUADRAMENTO

Portugal Continental possui cerca de 930km de linha de costa, que se estende desde a foz do Rio Minho até à foz do rio Guadiana. Nos concelhos das zonas costeiras do continente habitam $\frac{3}{4}$ da população, atraídos pelas oportunidades de emprego criadas pelos polos comerciais e industriais. Estima-se que a contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) das atividades que decorrem nas zonas costeiras seja de 85% (Santos e Miranda, 2006 e Portugal, 2009).

Alvo de uma intensa pressão antropogénica desde há décadas, o litoral continental português encontra-se vulnerável ao balanço sedimentar (GTL, 2014). Este fenómeno deve-se a um conjunto de ações de origem natural e humana que resultam num défice sedimentar. Este défice é colmatado por sedimentos retirados pelo mar à costa, o que resulta na perda de território. A erosão costeira pode colocar em risco pessoas e bens, se a ocupação do litoral não for sustentável, sendo por isso alvo de especial atenção por parte da comunidade científica (Coelho *et al.*, 2006) e dos organismos com competência na gestão costeira, nomeadamente a Agência Portuguesa do Ambiente I.P.

O litoral continental português apresenta grande diversidade morfológica com extensos troços baixos arenosos, como é o caso do arco litoral entre Espinho e a Marinha Grande, até troços rochosos de arriba onde podem ocorrer pequenas praias encaixadas, caso do litoral entre o Cabo da Roca e o Cabo Raso ou na Costa Vicentina. De referir ainda restingas, ilhas – barreira, promontórios e baías. Toda esta diversidade morfológica traduz-se também numa elevada diversidade de habitats, conferindo a este território grande valor ecológico e que carece de medidas de proteção face à intensa procura de que é objeto.

2.1.1 Células Sedimentares

A morfologia do litoral de Portugal Continental, para além dos normais processos geológicos, tectónicos e climáticos, é fortemente condicionada pela ação direta do mar, onde o balanço sedimentar tem um papel decisivo nos processos erosivos, daí fazer todo o sentido organizar, em termos morfológicos, o litoral por células sedimentares, ou sistemas sedimentares. Apesar de as células sedimentares não serem totalmente independentes, ações desencadeadas numa célula têm pouco impacto nas células vizinhas (Lira *et al.*, 2016). A divisão do litoral em sistemas sedimentares é efetuada de forma a que cada célula seja homogénea em termos morfológicos face ao relevo dominante e ao balanço sedimentar. O Grupo de Trabalho do Litoral (GTL, 2014) avança com uma divisão do litoral de Portugal Continental em 8 células sedimentares com a distribuição que se observa na figura 2.1. No caso particular da célula 1 e face à sua extensão, esta foi dividida em subcélulas para diferenciar zonas com diferente magnitude e direção de transporte sedimentar (Cardona, 2015) e que resultam da interferência que a foz do Douro e o Cabo Mondego geram na morfologia costeira dentro da própria célula.

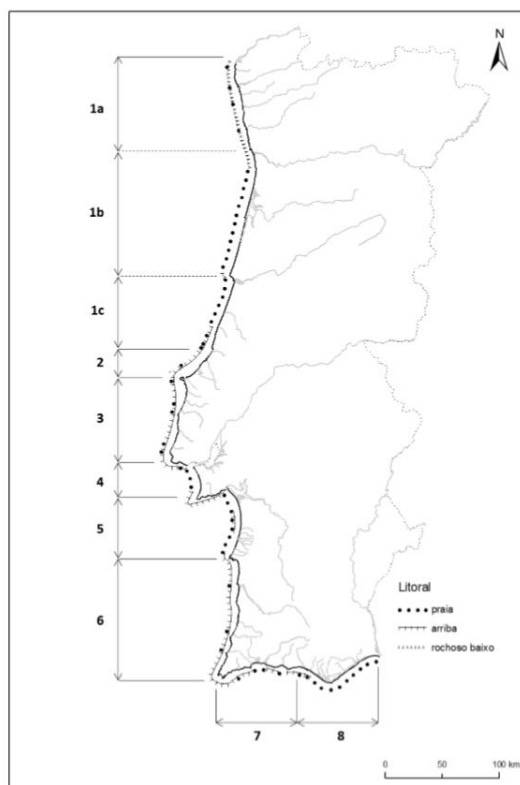


Figura 2. 1 Divisão do litoral de Portugal Continental em células e subcélulas sedimentares (Fonte: GTL, 2014)

Célula 1: Foz do Rio Minho – Nazaré

Esta célula foi dividida em 3 subcélulas:

- A subcélula 1a, localizada entre o Minho e Douro, corresponde a uma costa rochosa baixa com ocorrência de praias de areia ou cascalho, localizadas nas imediações da foz das linhas de água que drenam para esta subcélula. A sua orientação de NNW – SSE, em conjunto com a agitação marítima dominante, determina que haja deriva litoral de Norte para Sul. Em relação ao balanço sedimentar, este é negativo, $1,0 \times 10^5 \text{m}^3/\text{ano}$ de acordo com a análise efetuada pelo GTL, uma vez que a entrada de sedimentos provenientes das linhas de água é insuficiente para compensar a capacidade de transporte sedimentar do mar neste troço.
- A subcélula 1b, localizada entre o Douro e o Cabo do Mondego, é dividida em 3 troços:
 1. O troço 1, entre o Douro e Espinho, com orientação e características semelhantes à subcélula 1a.
 2. O troço 2, entre Espinho e Quiaios, com orientação NNE – SSW e caracterizado por um litoral baixo arenoso que é interrompido pela ligação com o mar da ria de Aveiro.
 3. O troço 3, entre Quiaios e o Cabo Mondego, com a mesma orientação que o anterior, apenas se diferencia pela existência de arriba.

De acordo com o GTL esta subcélula bem como a seguinte, a 1c, apresenta um défice sedimentar negativo muito expressivo, da ordem dos $6,0 \times 10^5 \text{m}^3/\text{ano}$.

- A subcélula 1c, localizada entre o Cabo Mondego e a Nazaré, com orientação NNE – SSW, com costa de arriba rochosa no seu extremo Norte e Sul, mas onde domina o litoral baixo

arenoso. Os sedimentos provenientes da deriva litoral têm como destino o canhão da Nazaré que funciona como sumidouro.

Célula 2: Nazaré – Peniche

Esta célula, com orientação NE – SW, é constituída por arribas rochosas onde, entre S. Martinho do Porto e a Lagoa de Óbidos, dominam troços sem praias no sopé da arriba e, para Norte e para Sul deste trecho, ocorrem geralmente praias no sopé das arribas. O défice sedimentar é relativamente baixo devido à orientação da costa que é perpendicular à orientação mais comum da agitação marítima.

Célula 3: Peniche – Cabo Raso

A célula 3, situada entre Peniche e o Cabo Raso, possui orientação geral N – S, geralmente desprovido de praias salvo nas imediações de foz de linhas de água ou onde haja condições de abrigo para o surgimento de praias encaixadas no sopé de arribas. O défice sedimentar é relativamente baixo devido à orientação dominante do troço.

Célula 4: Cabo Raso – Cabo Espichel

Devido à orientação, não há ganho nem perda de sedimentos de e para outras células. Esta célula foi dividida em 3 subcélulas:

- A subcélula 4a, localizada entre o Cabo Raso e Carcavelos, com orientação NW – SE, é litoral de arriba com pequenas praias encaixadas e abrigadas da agitação marítima dominante, sendo que nesta subcélula o balanço sedimentar é pouco significativo.
- A subcélula 4b, localizada no estuário exterior do Tejo e litoral da Costa da Caparica, que se encontra em erosão devido ao excesso de dragagens ocorridas no passado.
- A subcélula 4c, localizada entre a Costa da Caparica e o Cabo Espichel e que segundo o GTL tem a particularidade de a deriva aqui ser dominante de Sul para Norte devido à configuração arqueada da costa e à incidência dominante da agitação neste troço.

Célula 5: Cabo Espichel – Cabo de Sines

Tal como na célula anterior, a célula 5 foi dividida em 3 subcélulas:

- A subcélula 5a, entre o Cabo Espichel e o banco do Cambalhão, com orientação O – E, está protegida da agitação marítima dominante. Este litoral é de arriba e a alimentação e transporte sedimentar pouco significativos.
- A subcélula 5b, para além do banco do Cambalhão, inclui a praia da Figueirinha e Troia e a sua alimentação depende da deriva litoral (de Sul para Norte), dado que o fornecimento sedimentar efetuado pelo Rio Sado é pouco significativo.
- A subcélula 5c, estende-se desde Troia até ao Cabo de Sines, é um litoral arenoso com exceção da Costa da Galé que é litoral de arriba e a sua erosão alimenta a subcélula anterior.

Célula 6: Cabo de Sines – Cabo de São Vicente

A célula 6, com orientação maioritariamente N – S, não apresenta perda nem ganho de sedimentos entre as células vizinhas pelas mesmas razões que as 2 células anteriores. É composta maioritariamente por arribas, com a existência de praias e sistemas dunares junto à foz de linhas de água. A deriva litoral é de Norte para Sul e os sumidouros são os sistemas dunares e a alimentação é feita pelo Rio Mira e pela erosão de arribas.

Célula 7: Cabo de São Vicente – Olhos de Água

Esta célula é caracterizada pela alternância de arribas e praias, algumas com sistemas dunares com dimensão significativa. A orientação desta célula varia, sendo que na parte Oeste é SW – NE e na parte Este é W – E, embora a deriva litoral seja dominante de Oeste para Este em toda a célula. A transposição de sedimentos para a célula seguinte é pouco expressiva, sendo que a principal fonte de sedimentos para esta célula seja através da erosão de arribas.

Célula 8: Olhos de Água – Foz do Rio Guadiana

A última célula possui duas orientações distintas. Na parte Oeste a orientação é NW – SE e na parte este é SW - NE. Na primeira parte o litoral é de arriba com pequenas praias encaixadas e na segunda pelas ilhas barreira e praias com sistemas dunares. A erosão de arribas na primeira parte compensa os sedimentos que migram para Espanha devido à deriva litoral.

2.1.2 Evolução da linha de costa

A evolução da linha de costa depende de diversos fatores sendo que as variações mais expressivas são as que decorrem da alteração da temperatura média global, na medida em que, quanto maior for a temperatura, maior será a expansão térmica dos oceanos e degelo dos polos e glaciares, que tem como consequência a subida do nível médio do mar, que por sua vez origina transgressões marinhas. O último período frio aconteceu há 18 000 anos, também conhecido por Último Máximo Glaciário. Nesta altura o nível do mar encontrava-se entre 120 e 140 metros abaixo do atual (Dias e Rodrigues, 1997) e a frente polar situava-se à latitude de Portugal Continental, sendo frequentes os *icebergs* a circular para Sul em estado de fusão (Guillien, 1962 *vide* Dias, 2004).

Durante o período entre os 18 000 e os 11 000 anos antes do presente, deu-se um aquecimento climático gradual que resultou na drenagem para o oceano atlântico de massas de gelo fundido (Dias, 1987). O aquecimento climático teve como consequência o recuo da frente polar e a subida do nível médio do mar. Entre os 11 000 e os 10 000 anos antes do presente, retornaram as condições glaciares, resultando num novo avanço da frente polar e recuo do mar. Este período é denominado por Dryas recente. A partir daí, dá-se um novo aquecimento, com a entrada do período Holocénico. A linha de costa atingiu níveis próximos do atual há cerca de 3 a 5 mil anos (Dias e Rodrigues, 1997).

A fixação das condições climáticas levou à estabilização do nível médio do mar e das condições de agitação marítima. Deste modo, o principal fator que influencia a evolução da linha de costa passou a ser o balanço sedimentar (GTL, 2014). Estas condições resultaram numa estabilidade relativa do litoral que proporcionou o assoreamento das zonas estuarinas e a formação de restingas arenosas (Dias, 1987), devido ao forte abastecimento sedimentar que se verificou nesse período histórico (Dias e

Rodrigues, 1997). Na figura 2.2 é possível observar a evolução da linha de costa em a) e a posição da frente polar em b).

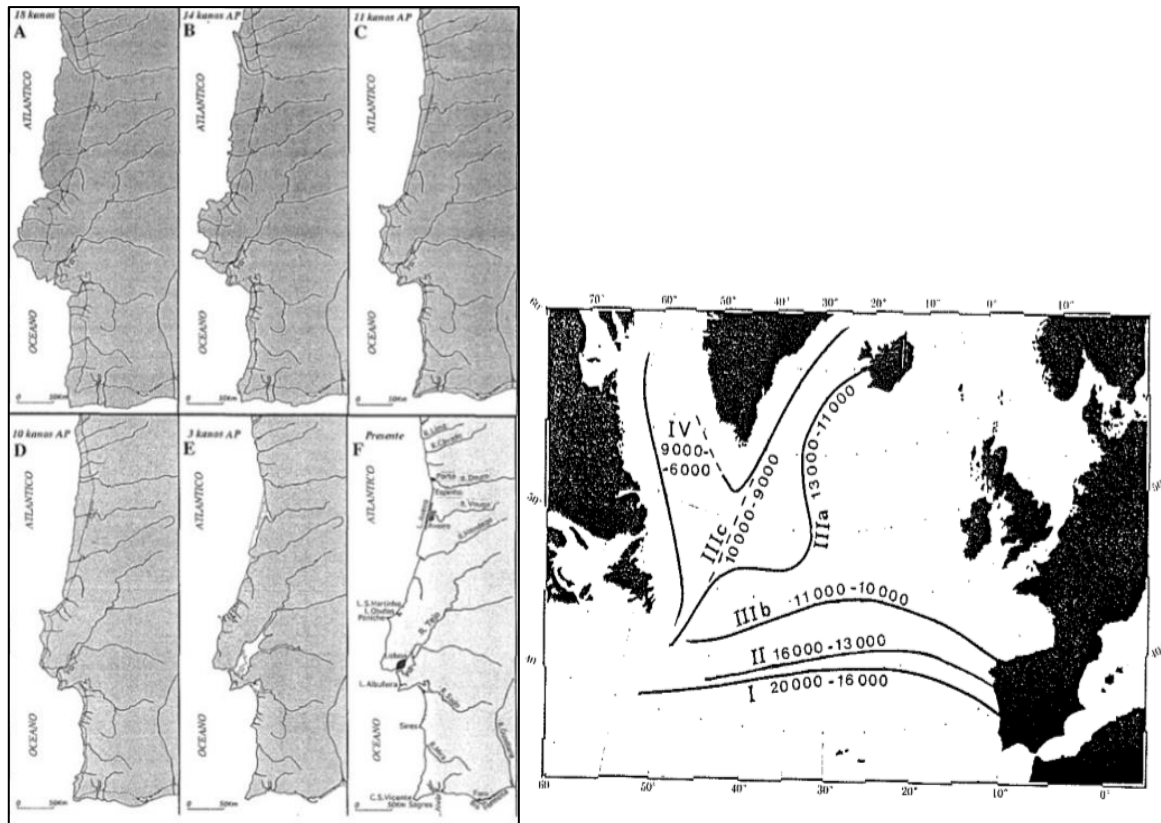


Figura 2.2a) Evolução da posição da linha de costa (A - Último Máximo Glaciário; B - Final da Deglaciação; C - Início do Dryas Recente; D - Início do Holocênio; E - cota atual aproximada; F - na atualidade); b) evolução da posição da frente polar (Fonte: Dias and Rodrigues, 1997)

Desde o século XX até ao presente verificou-se uma tendência regressiva da linha de costa em grande parte devido à ação humana, por via de alterações nas zonas terminais das linhas de água e nas próprias bacias hidrográficas que conduziram a situações de déficit sedimentar, embora também já seja sentida a subida do nível médio do mar através da expansão térmica e fusão de massas de gelo. Esta tendência regressiva é comprovada através da comparação entre fotografias aéreas de 1965 e imagens de satélite de 2015, onde é possível verificar um recuo da linha de costa que, no exemplo da figura 2.3, é de 260 metros. Este valor está em concordância com os resultados do trabalho de Lira (Lira *et al.*, 2016), que para a zona em questão, a Sul da Praia da Vagueira, aponta para um recuo médio de 4 a 6 metros por ano.

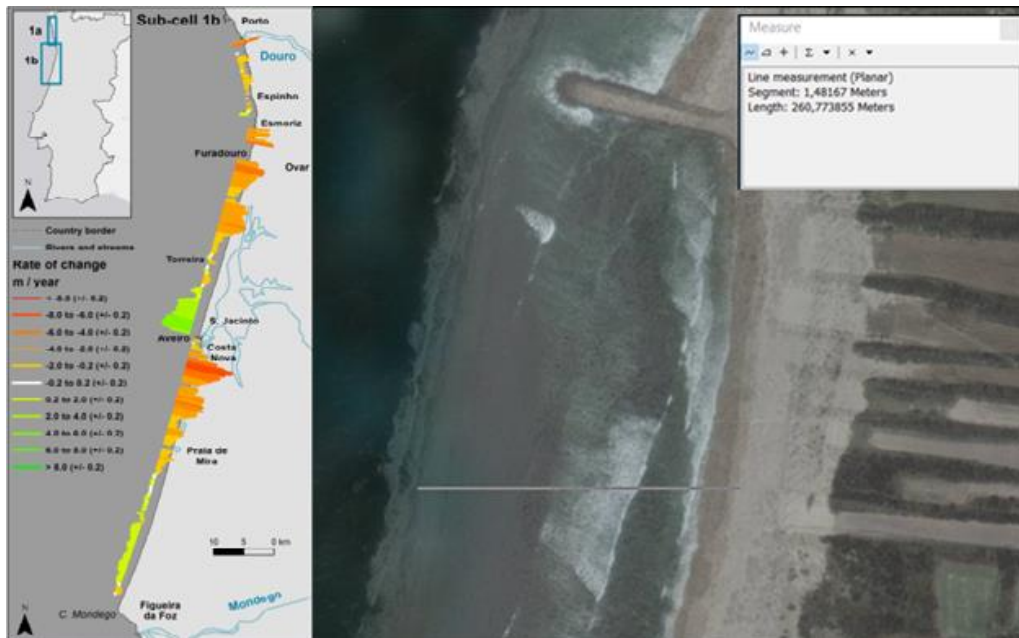


Figura 2.3 a) Taxas de variação da linha de costa para a subcélula 1b (Fonte: Ponte Lira et al., 2016); b) recuo da linha de costa para um troço da subcélula 1b (Base cartográfica: Arcmap)

2.1.3 Uso e Ocupação do solo no litoral

A ocupação de zonas costeiras foi residual, até ao final do século XIX (Dias, 2004). A escassez de recursos e condições agrestes afastaram as comunidades humanas destas zonas, com exceção das zonas estuarinas e lagunares que ofereciam mais recursos. No final deste século começaram a surgir as primeiras estâncias balneares, que rapidamente se multiplicaram com a ajuda da construção da rede de transportes, nomeadamente do transporte ferroviário (figura 2.4). As estâncias balneares eram implementadas junto aos pequenos povoados piscatórios, que eram obrigados a criar infraestruturas para acomodar esta atividade (Bastos et al., 2012).

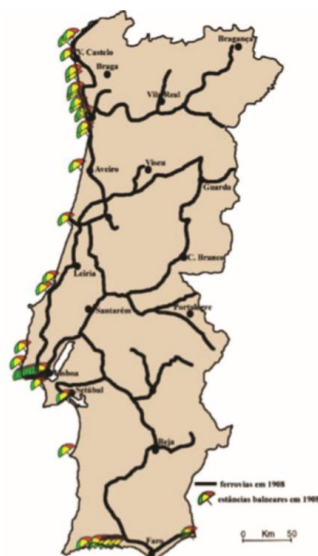


Figura 2.4-Estrutura ferroviária e estâncias balneares em 1908 (Fonte: Bastos et al., 2012)

O litoral alentejano escapou ao desenvolvimento do turismo balnear intensivo devido à proximidade com a costa Sul, mais bem servida de infraestruturas de transporte e com melhores condições para esta prática. A criação de áreas de proteção ambiental em quase toda a costa alentejana também contribuiu para que esta costa seja um dos últimos redutos de costa selvagem da Europa (Bastos *et al.*, 2012).

Com a massificação turística das zonas tradicionais, como o Algarve, surge a procura de áreas alternativas por parte dos estratos sociais mais elevados. Neste sentido, foram aprovados uma série de empreendimentos turísticos de luxo na costa alentejana, através da criação de PINs (Projetos de Interesse Nacional), com o argumento de que estes projetos constituem uma mais-valia para a economia. Contudo, este tipo de *projetos* acaba por não ser sustentável do ponto de vista ambiental e também económico, visto que apenas são criados postos de trabalho precários e mal pagos que pouco beneficiam a economia local (Broughton, 2016; Carvalho, 2012).

Não foi apenas o turismo que contribuiu para a migração do interior para o litoral. O desenvolvimento industrial fez-se junto ao litoral para aproveitar o transporte de bens por via marítima, o que fez crescer as grandes cidades localizadas junto á costa (Schmidt *et al.*, 2012). Todos estes fatores resultaram numa forte pressão urbanística em zonas de litoral com ocupação de zonas vulneráveis ao avanço das águas (Mota Lopes, 2018).

A figura 2.5a) é uma imagem de satélite que mostra a Península Ibérica, onde é possível observar a disposição geográfica dos aglomerados urbanos através da poluição luminosa. De notar que as zonas onde a luminosidade é mais intensa se situam no litoral, com exceção das áreas metropolitanas de Madrid e Sevilha, informação esta que coincide com o mapa com da densidade populacional de Portugal na figura 2.5b) e que constituem evidências da forte ocupação do litoral.

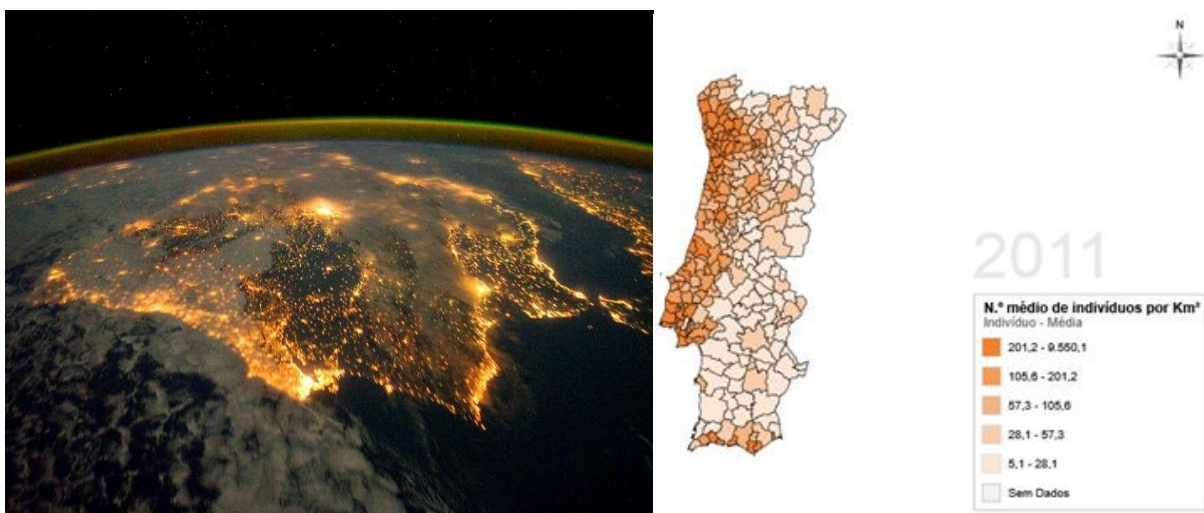


Figura 2.5a) Poluição luminosa na Península Ibérica (Fonte: <https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=76777&src=fb>); b) Mapa de Portugal Continental com densidade populacional para cada concelho (Fonte: <https://www.pordata.pt/Municipios/Densidade+populacional-452>)

2.1.4 Legislação e Instrumentos de Políticas Públicas

Apesar da multiplicidade de instrumentos jurídicos que legislam sobre o litoral, ainda não tem sido possível criar uma ocupação sustentável do mesmo (Ramos Pereira, 2004). Na tabela 2.1, encontra-se uma síntese da legislação enquadrada no âmbito desta dissertação.

Tabela 2.1 Instrumentos jurídicos relevantes para a gestão costeira

Abrangência	Tipo	Identificação	Sumário
União Europeia	Diretiva	Diretiva nº2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro.	Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.
União Europeia	Diretiva	Diretiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Março.	Estabelece uma infraestrutura de informação geográfica (Inspire). Para apoiar a monitorização do ambiente e território.
União Europeia	Diretiva	Diretiva 2014/89/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Julho.	Estabelece um quadro para o ordenamento do espaço marítimo.
União Europeia	Recomendação	Recomendação do Parlamento Europeu e do Conselho 2002/423/CE, de 30 de Maio.	Recomenda a adoção de uma abordagem estratégica para a gestão das zonas costeiras.
Nacional	Lei	Lei nº 58/2005, de 23 de Outubro.	Aprova a Lei da Água, transpondo a Diretiva nº2000/60/CE.
Nacional	Lei	Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro.	Estabelece a titularidade dos recursos hídricos. Substitui o DL nº468/71, de 5 de Novembro.
Nacional	Lei	Lei nº49/2006, de 29 de Agosto.	Estabelece medidas de proteção da orla costeira.
Nacional	Lei	Lei nº 17/2014, de 10 de Abril.	Desenvolvida pelo Decreto-Lei nº38/2015, de 12 de Março, alterado pelo DL nº139/2015, 30 de Julho, transpondo a Diretiva 2014/89/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de julho, que estabelece um quadro para o ordenamento do espaço marítimo.
Nacional	Lei	Lei nº19/2014, de 14 de Abril.	Define as bases da política de ambiente.
Nacional	Lei	Lei nº 31/2014, de 30 de Maio.	Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo.
Nacional	Lei	Lei 50/2018 de 16 de Agosto.	Lei-quadro da transferência de competências para as autarquias locais e para as entidades intermunicipais.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº 5787-III, de 10 de Maio.	Insere várias disposições sobre as águas de domínio público e de domínio privado.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-lei nº 468/71, de 5 de Novembro.	Revê, atualiza e unifica o regime jurídico dos terrenos no domínio público hídrico.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-lei nº 302/90 de 26 de Setembro.	Define o regime de gestão urbanístico do litoral.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº166/2008, de 22 de Agosto.	Alterado pelo DL nº 80/2015, de 14 de Maio. Aprova o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN).
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº302/1990, de 26 de Setembro.	Define o regime de gestão urbanístico do litoral.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº 201/1992, de 29 de Setembro.	Define as áreas de jurisdição da Direção-Geral de Portos, as Administrações Portuárias e da Direção-Geral dos Recursos Naturais na faixa costeira.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº 56/2012, de 12 de Março.	Alterado pelo DL nº 55/2016, de 26 de Agosto que define a missão e atribuições da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., nos domínios do litoral, da proteção costeira e alterações climáticas.
Nacional	Decreto-Lei	Decreto-Lei nº 159/2012, de 24 de Julho.	Alterado pelo DL nº132/2015, de 9 de Julho. Regula a elaboração e implementação dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC).
Nacional	Resolução	Resolução do Conselho de Ministros nº22/1999, de 7 de Abril.	Alterada pela Resolução nº154/2007. Aprova o Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) de Caminha - Espinho.
Nacional	Resolução	Resolução do Conselho de Ministros nº 82/2009, de 8 de Setembro.	Aprova a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira, acatando a Recomendação 2002/423/CE do Parlamento Europeu e do Conselho.
Nacional	Resolução	Resolução do Conselho de Ministros nº 56/2015, de 30 de Julho.	Aprova a ENAAC 2020.
Nacional	Resolução	Resolução do Conselho de Ministros nº 112/2017, de 10 de Agosto.	Aprova o Programa de Orla Costeira Ovar - Marinha Grande (POC-OMG).
Nacional	Despacho	Despacho nº6574/2014, de 20 de Maio, do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e da Energia.	Cria o Grupo de Trabalho do Litoral (GTL) e a Comissão de Acompanhamento dos trabalhos.

Regime de Gestão Urbanístico do Litoral

O Regime de Gestão Urbanístico do Litoral, aprovado pelo Decreto-Lei nº 302/90, estabelece um conjunto de regras a que deve obedecer a ocupação, uso e transformação da faixa costeira (área compreendida entre a linha de máxima praia-mar de águas vivas equinociais -LMPAVE- e pela linha situada a dois quilómetros daquela para o interior. Estes princípios dividem-se em cinco temas (Portugal, 1990): Ocupação do Solo; Acesso ao Litoral; Infraestruturas; Construções e Espaços Verdes; Estaleiros. Importa destacar, no âmbito desta dissertação, os seguintes:

Ocupação do Solo:

1. As edificações devem ser afastadas da linha da costa;
2. Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa;
3. A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando á medida que se aproxima da costa;
4. Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco.

Acesso ao Litoral:

1. Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa;
2. O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos;
3. Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento;
4. A transposição dunar deve ser limitada à circulação à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais.

Infraestruturas

1. As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos.

Construções e Espaços Verdes

1. As edificações devem integrar-se na paisagem;
2. A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa;
3. Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes;
4. Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos;
5. O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem;
6. As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável;
7. A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área.

Estaleiros

1. A dimensão e localização dos estaleiros de obras devem ser criteriosamente fixadas, de forma a reduzir ao mínimo o seu impacte na paisagem;
2. A área de localização dos estaleiros deve ser obrigatoriamente recuperada por parte do dono da obra;
3. Deverá evitar-se a autorização de colocação de depósitos de materiais, permanentes ou temporários, que não sejam indispensáveis ao exercício das atividades económicas locais.

Estratégia Nacional de Gestão Integrada das Zonas Costeiras

A Estratégia Nacional de Gestão Integrada das Zonas Costeiras (ENGZIC) foi aprovada através da Resolução do Conselho de Ministros nº82/2009, de 8 de setembro. Este diploma define como objetivo alcançar, em 2029, “uma zona costeira harmoniosamente desenvolvida e sustentável tendo por base uma abordagem sistémica e de valorização dos seus recursos e valores identitários, suportada no conhecimento científico e gerida segundo um modelo que articula instituições, coordena políticas e instrumentos e assegura a participação dos diferentes atores intervenientes” através de 5 pilares:

1. Identidade. Aposta nos valores únicos naturais e culturais de cada zona;
2. Sustentabilidade. Aposta na salvaguarda e valorização dos recursos e valores naturais, patrimoniais e paisagísticos;
3. Ordenamento. Compatibilizar os usos e ocupações com a capacidade de carga e resiliência de cada zona;
4. Segurança. Conciliar o uso público com a gestão sustentável de zonas em risco;
5. Competitividade. Geração de riqueza através de atividades sustentáveis.

Com a ENGZIC, pretende-se ainda:

- Conservar e valorizar os recursos e o património natural, paisagístico e cultural;
- Antecipar, prevenir e gerir situações de risco e de impactos de natureza ambiental, social e económica;
- Promover o desenvolvimento sustentável de atividades geradoras de riqueza e que contribuam para a valorização de recursos específicos de cada zona costeira;
- Antecipar, prevenir e gerir situações de risco e de impactos de natureza ambiental, social e económica;
- Aprofundar o conhecimento científico sobre os sistemas, os ecossistemas e as paisagens costeiras.

A ENGZIC constitui um marco muito relevante, mas detetaram-se diversos constrangimentos na sua implementação (Velooso Gomes, 2009). Numa avaliação global, J. Alverinho Dias apresenta quatro falhas (Dias, 2009):

- Não é efetuado um diagnóstico coerente da erosão costeira;
- Não são consideradas adequadamente as alterações climáticas;

- Não são integradas as interações entre o ser humano e o meio;
- Não contempla adequadamente a componente humana das zonas costeiras.

Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020

A Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC 2020) foi aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 56/2015, de 30 de Julho, para que se adapte o país aos efeitos das alterações climáticas, onde se incluem os efeitos no litoral. Esta estratégia aposta em três objetivos:

1. Melhorar o nível de conhecimento sobre as alterações climáticas;
2. Implementar medidas de adaptação;
3. Promover a integração da adaptação em políticas sectoriais.

A ENAAAC 2020 reconhece e valoriza os efeitos e consequências das alterações climáticas nas zonas costeiras. Como tal, considera as zonas costeiras como área prioritária e criou um grupo de trabalho específico para esta temática, que resultou na produção de um relatório sobre o assunto com o título “Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas Relacionados com os Recursos Hídricos” (APA, 2013). Neste relatório são identificados 3 pacotes com medidas de adaptação aos impactos das alterações climáticas nos sistemas litorais:

1. Aprofundamento e divulgação do conhecimento;
2. Gestão do risco;
3. Reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do espaço litoral.

Programas da Orla Costeira

Em 2014, devido à publicação da Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo, Lei nº 31/2014, de 30 de Maio, os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), passaram a ser designados de Programas da Orla Costeira (POC). De âmbito nacional os POC estabelecem regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais, através de princípios e normas orientadoras e de gestão (APA, 2018).

Neste momento, apenas estão publicados os POC de Ovar – Marinha Grande; Alcobaça – Cabo Espichel e Odeceixe – Vilamoura. Para esta dissertação há que considerar os dois programas mais a norte, sendo que o POC Caminha – Espinho está em fase de elaboração.

O POC Ovar -Marinha Grande, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 112/2017, de 10 de Agosto, intervenciona numa área de 970 km², que correspondem a 140km de faixa costeira. A área de intervenção deste POC subdivide-se em dois espaços fundamentais (APA, 2015):

- Zona Marítima de Proteção: Entre a linha limite do leito das águas e a batimétrica dos 30 metros referenciadas ao zero hidrográfico.
- Zona Terrestre de Proteção: Entre a margem das águas do mar e uma faixa a 500 metros para o interior podendo este valor subir até aos 1000 metros para acautelar sistemas biofísicos.

Influenciado pelas conclusões do GTL, o POC Ovar – Marinha Grande enfatiza a necessidade de adoção de medidas que permitam minimizar a exposição ao risco, incluindo o desenvolvimento sustentável em cenário de alterações climáticas. O mesmo sucede em relação à ENGZIC, em relação à proteção e valorização integrada dos recursos do litoral, e à prevenção dos riscos. Neste sentido, pretende-se “uma orla costeira resiliente, preparada para os efeitos das alterações climáticas, suportada numa política de adaptação capaz de contrariar as tendências de redução do solo emerso, que garanta a salvaguarda de pessoas e bens e que proporcione condições que potenciem o seu carácter distintivo, baseado em valores de ordem ambiental, social e económica, nas quais se integram as novas oportunidades no âmbito da economia do mar” (APA, 2015).

Inserido num quadro de estratégia de adaptação, o POC Ovar – Marinha Grande estabelece regimes de proteção com o objetivo de conter a exposição de pessoas e bens aos riscos de galgamento, erosão e inundação costeira, o que se traduz num forte condicionamento à edificação em zonas vulneráveis. Tal facto deve - se à definição de faixas de salvaguarda atendendo às características físicas do litoral, ao grau de vulnerabilidade e ao horizonte temporal da exposição (APA, 2015).

Faixas de Salvaguarda à Erosão Costeira em Litoral Arenoso

- Destinam-se à salvaguarda e mitigação dos impactos decorrentes da mobilidade e dinâmica da faixa costeira no horizonte temporal de 50 anos (nível I) e 100 anos (nível II), são resultado da observação das tendências evolutivas observadas no passado recente e extrapoladas para os horizontes referidos (APA, 2015).

Faixas de Salvaguarda ao Galgamento e Inundação Costeira em Litoral Arenoso

- Correspondem às áreas potencialmente afetadas por galgamentos e inundação costeira para os mesmos horizontes, resultantes dos efeitos naturais que poderão ser potenciados em cenário de alterações climáticas (APA, 2015).

Apesar de ter sido aprovado em 1017, já se verificaram galgamentos que ultrapassaram a faixa de Nível I, concebida para um horizonte temporal de 50 anos. Na figura 2.6 estão identificadas as faixas e a linha limite do leito em Abril de 2018, a Sul da Cova Gala.

Faixas de Salvaguarda e Linha de costa

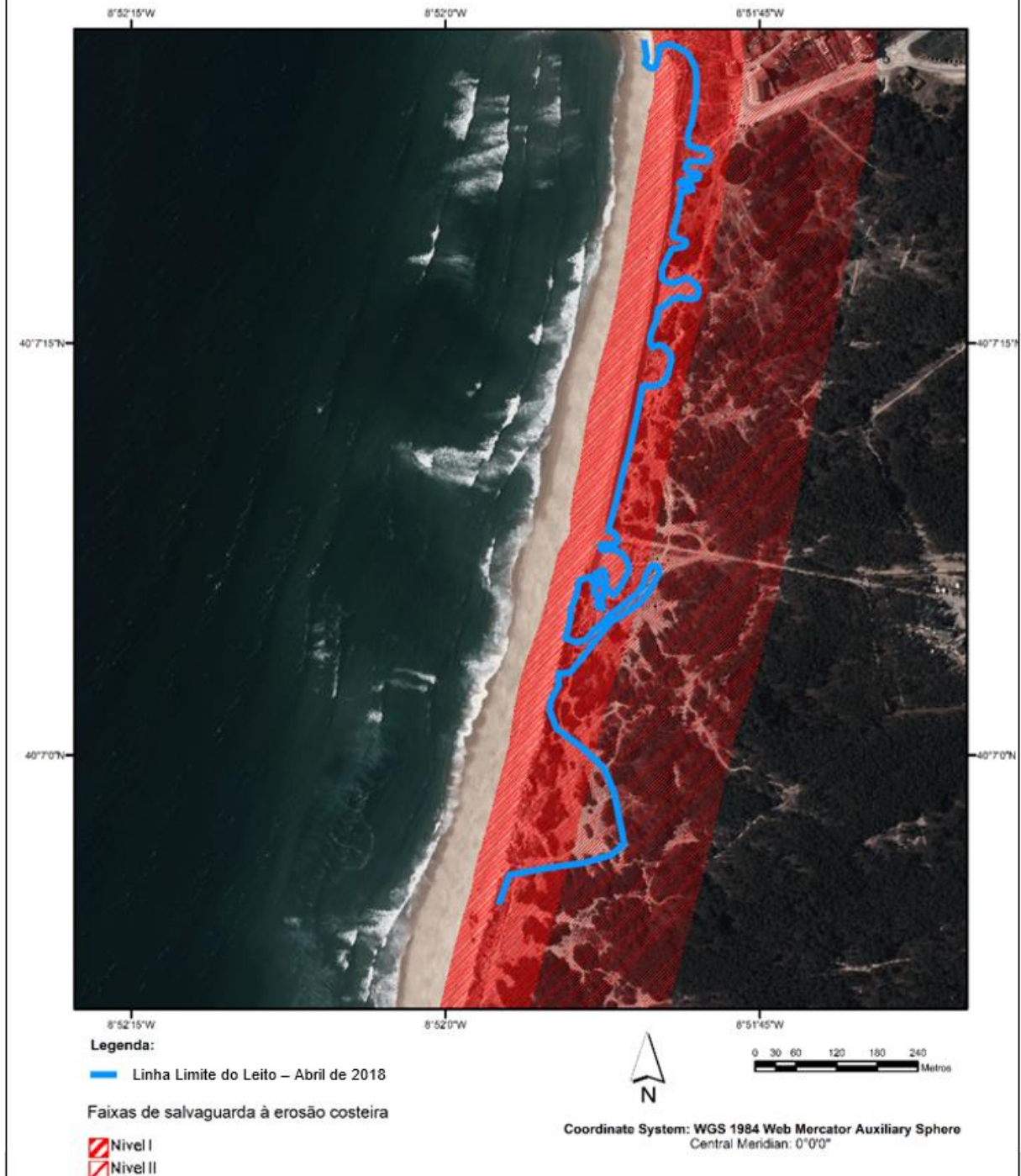


Figura 2.6 Linha limite do leito em Abril de 2018 e faixas de salvaguarda a Sul da Cova Gala, em Abril de 2018.

Os Regimes de Corresponsabilização Preconizados pelo GTL

Todos estes princípios e pressupostos que muitas vezes ficaram por aplicar, ou não passaram de boas intenções, são agora ainda mais pertinentes face à transgressão marinha que é cada vez mais evidente em crescentes trechos costeiros, pelo que há que ponderar métodos mais assertivos na gestão urbanística em zonas de risco de galgamento e onde a retirada de populações também deve ser considerada.

Entre as principais reformas legislativas a considerar para que seja possível implementar estratégias de adaptação costeira e para além da necessária sustentabilidade financeira preconizada pelo GTL de forma a haver uma maior coresponsabilização, merecem particular atenção:

- A introdução do princípio da prevenção e da precaução no Direito Urbano de forma a que o licenciamento dos usos do solo não seja definitivo em territórios a prazo (GTL, 2015);

- A posse administrativa que a legislação já prevê na servidão do domínio hídrico mas que conviria ser reforçada e alargada às zonas de risco ameaçadas pelas águas – zonas adjacentes - como forma de desincentivar a especulação e assim desonerar as políticas públicas que o Estado tem a responsabilidade de promover (com. pessoal de Mota Lopes, 2018).

Depois de apoiar a defesa do nacional até ao Século XIX e que os fortes e fortins espalhados pela nossa costa são uma clara evidência, no apoio à navegação através da instalação de portos iniciada a partir do final do Século XIX, com a introdução das zonas adjacentes como forma de minorar o riscos em zonas de cheias (Decreto – Lei nº 468/71, de 5 de Novembro) na sequência das cheias do Tejo de 1967 e de introduzir a gestão por bacia e na promoção da qualidade da água na sequência da Diretiva Água (2005), a legislação centenária sobre o Domínio Público Hídrico tem todas as condições para agora apoiar as estratégias de adaptação costeira em cenários de alterações climáticas se devidamente adaptada (com. pessoal de Mota Lopes, 2018) e que entre outras questões passa por incentivar a retirada do mercado imobiliário espaços em risco ameaçados pelas águas (com. pessoal de Mota Lopes, 2018). É com base nestes princípios e pressupostos que as propostas de adaptação que são avançadas na presente dissertação são desenvolvidas.

2.2 AÇÕES NATURAIS

2.2.1 Ciclones

Os centros de baixas pressões, também conhecidos como depressões ou ciclones, estão na origem da agitação marítima com maior potencial para causar galgamentos e inundações costeiras (GTL, 2014). Portugal é afetado por sistemas de baixas pressões, mais concretamente por ciclones de média latitude, que viajam no sentido Oeste-Este (Lutgens and Tarbuck, 2013). Associados a estes ciclones estão os Temporais de Oeste e o Mar de Sudoeste com ondulação de Oeste e ventos de Sudoeste (Basto, 2009). Este tipo de ciclones também são conhecidos por tempestades subtropicais (Antunes, 2014) e afetam Portugal quando o anticiclone dos Açores migra para norte, em direção à Gronelândia. A figura 2.7 é uma carta meteorológica do modelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) com indicação das linhas de igual pressão, isóbaras. É possível verificar a presença de uma depressão junto à costa portuguesa que gerou ventos e agitação marítima de Oeste e Sudoeste, com registo de ocorrências de galgamento e erosão costeira.

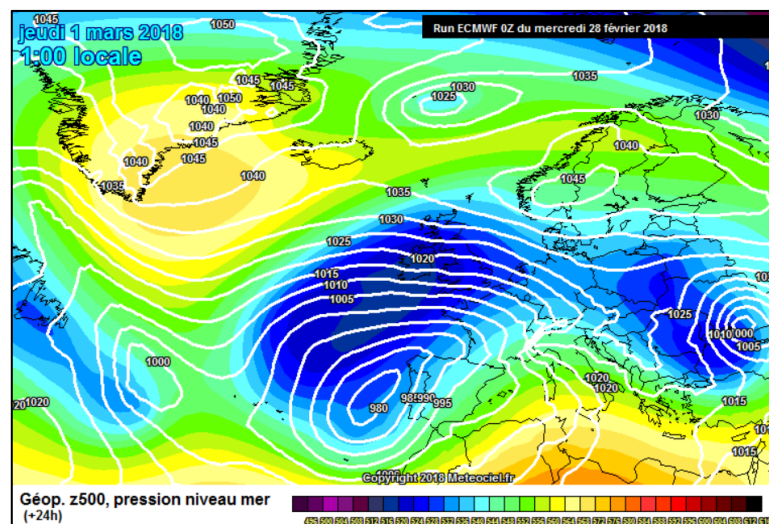


Figura 2.7 Carta meteorológica de isóbaras e geopotencial 1 (Fonte: http://www.meteociel.fr/modeles/gfse_cartes.php)

Quando existe um centro de altas pressões localizado sobre os Açores, também conhecido por Anticiclone dos Açores, a zona favorável ao desenvolvimento de ciclones sobe em latitude. Associado a estes ciclones está o Mar de Noroeste caracterizado por agitação de Noroeste e ventos de Norte/Noroeste, resultantes da interação entre os centros de alta e baixa pressões (Basto, 2009). Este tipo de depressões também são apelidadas de depressões extratropicais (Antunes, 2014). Na figura 2.8 é possível observar o Anticiclone dos Açores na sua posição normal e uma depressão a afetar as ilhas britânicas.

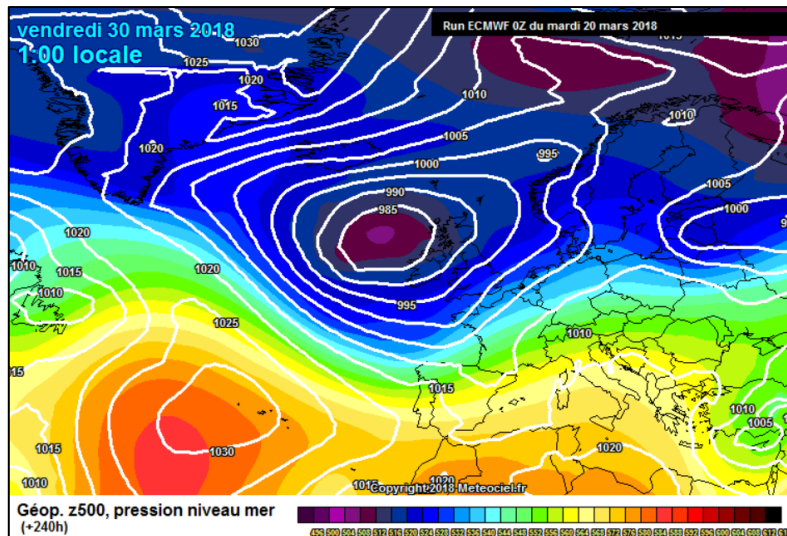


Figura 2.8 Carta meteorológica de isóbaras e geopotencial 2 (Fonte: http://www.meteociel.fr/modeles/gfse_cartes.php)

2.2.2 Sobrelevação do Mar de Origem Meteorológica

A sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica, também denominada de *storm surge*, tem origem em depressões e depende de fatores como o tamanho, trajetória, velocidade e intensidade do sistema depressionário, assim como a profundidade das águas e a forma da costa (Arns *et al.*, 2015). Ao contrário das marés astronómicas, que fazem subir e descer o nível do mar de forma harmónica (Ridder *et al.*, 2018), a sobrelevação meteorológica não se ajusta imediatamente à variação de pressão atmosférica (Carvalho, 2013).

Quanto mais cavada for a depressão, ou seja, quanto maior for a variação de pressão entre o seu centro e as suas extremidades, para distâncias relativamente curtas, maior será a sobrelevação, que poderá chegar a 1 metro, nos casos mais extremos (Santos e Miranda, 2006). Para Antunes (Antunes, 2014), é expectável a observação de valores de sobrelevação entre os 0,6 e 0,7 metros na costa portuguesa. Este efeito associado a marés com grande amplitude (marés vivas), agitação marítima e vento forte, pode originar erosão e galgamento costeiro (GTL, 2014). Os litorais baixos e arenosos são especialmente vulneráveis a este fenómeno (Krestenitis *et al.*, 2011).

2.2.3 Vento

O vento é o movimento da atmosfera relativo ao planeta Terra em constante rotação, quando sujeito à ação de forças capazes de lhe induzir quantidade de movimento (Costa, 2004). O vento é o principal interveniente no processo de formação de dunas costeiras (Coelho, 2005) e influencia a agitação marítima.

Devido à sua localização geográfica, o regime de ventos que se faz sentir no território continental é influenciado pela presença ou ausência de um centro de altas pressões situado no Atlântico Norte (Barry and Chorley, 2003). No primeiro caso, a circulação do ar é feita no sentido dos ponteiros do relógio. No segundo caso, a ausência do Anticiclone dos Açores permite a ocorrência de depressões onde a circulação do ar é feita no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (IPMA, 2017).

No Verão verifica-se uma forte influência do Anticiclone dos Açores, e a presença de uma depressão térmica na Península Ibérica. A interação entre estes dois sistemas gera um *jet* (sistema de ventos) costeiro de Norte para Sul também conhecido por Nortada (Rijo *et al.*, 2014). Nas restantes estações o Anticiclone dos Açores tende a enfraquecer, possibilitando a ocorrência de depressões que afetam o território continental originando um regime de ventos de Sudoeste.

Apesar de ocorrer com menor frequência, o regime de ventos de SW possui maior velocidade. Tal facto deve-se a sistemas frontais associados às depressões caracterizados por grande instabilidade atmosférica (Lutgens and Tarbuck, 2013). O esquema da figura 2.9 identifica as forças em jogo nos dois sistemas que dão origem aos dois regimes de ventos mais comuns.

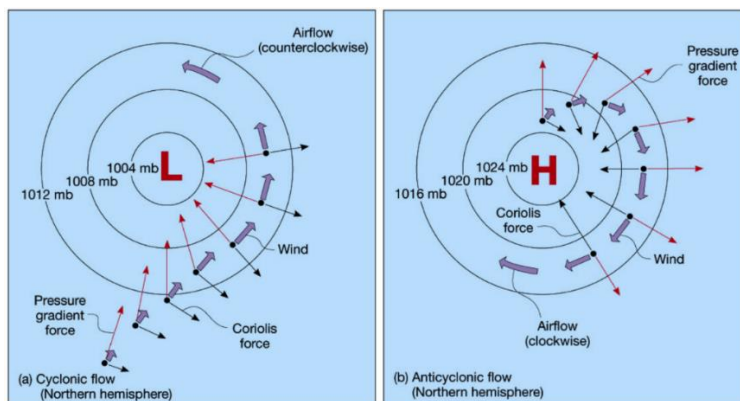


Figura 2.9 Esquematisação das forças e da direção da circulação horizontal do ar em sistemas de pressões para o Hemisfério Norte (Fonte: Lutgens and Tarbuck, 2013)

O vento também pode ter origem a uma escala mais localizada fruto dos diferentes níveis de calor específico do oceano e do continente. Como o oceano possui maior calor específico, a variação de temperatura ocorre a um ritmo mais baixo comparando com o continente. Deste modo, em dias quentes, estabelece-se uma brisa marítima durante a tarde e uma brisa terrestre durante a noite (Barry e Chorley, 2003). Para que tal aconteça é necessário que o Anticiclone dos Açores se estenda em crista sobre a Península Ibérica de modo a que não ocorra nortada.

2.2.4 Agitação Marítima

Devido à localização geográfica de Portugal Continental, a sua costa Oeste encontra-se exposta à ondulação gerada pelas condições meteorológicas que se verificam no Atlântico Norte (Costa *et al.*, 2001), sendo que esta exposição diminui de Norte para Sul (GTL, 2014). Existem três parâmetros associados à ondulação que influenciam a sua capacidade para causar erosão costeira: a altura significativa; o período de pico e a direção. A altura significativa representa a média do terço mais alto de ondas num determinado período de tempo (Hughes, 2016), quanto maior for o seu valor, mais capacidade possui a agitação marítima de galgar a costa.

A altura significativa é, em média, entre 2m a 2,5m (Coelho, 2005), ultrapassando frequentemente os 4,5m durante o Inverno (Costa *et al.*, 2001). Os valores de altura significativa registados pela boia ondógrafo de Leixões encontram-se na figura 2.10. É possível verificar que existe uma variação sazonal da altura significativa, sendo menor durante o Verão e maior no Inverno.

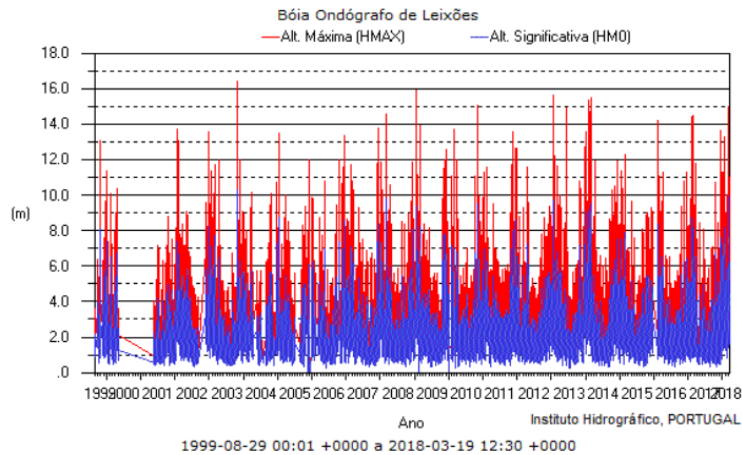


Figura 2.10 Histórico dos valores da altura máxima e significativa, em metros (m), da agitação marítima recolhidos pela Bóia Ondógrafo de Leixões (Fonte: Instituto Hidrográfico, 2018)

O período de pico compreende a distância média entre duas ondas consecutivas (Hughes, 2016) e é a característica da agitação marítima que permite aferir a energia associada às ondas. Quanto maior for o período de pico, maior é a energia com potencial para erodir a costa, nomeadamente os sistemas dunares (van Gent *et al.*, 2008). Geralmente, o período de pico situa-se entre os 9 e 11 segundos (Coelho, 2005), podendo atingir valores superiores a 15 segundos (Costa *et al.*, 2001). Os valores do período de pico registados pela boia ondógrafo de Leixões encontram-se na figura 2.11. É possível verificar que existe uma variação sazonal do período, sendo menor durante o Verão e maior no Inverno.

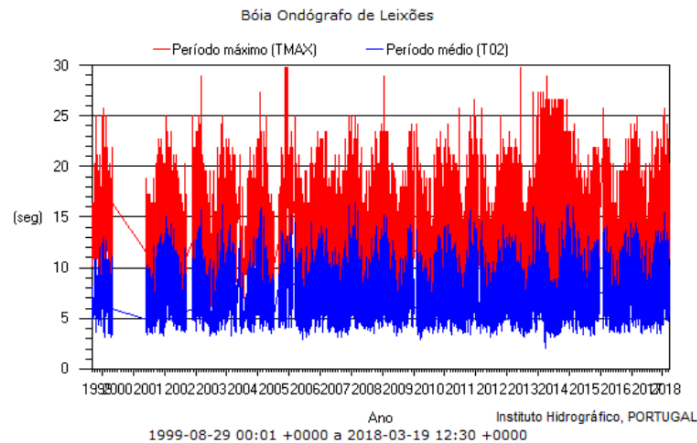


Figura 2.11 Histórico dos valores do Período Máximo e Médio, em segundos (s), da agitação marítima recolhidos pela Bóia Ondógrafo de Leixões (Fonte: Instituto Hidrográfico, 2018)

Relativamente à direção da agitação marítima, esta é maioritariamente dos quadrantes NW com flutuações para os quadrantes N e W que correspondem a situações de Mar de Noroeste; Mar de Fora e Temporal de Oeste (Basto, 2009). Também existe um regime de ondulação secundário proveniente do quadrante SW (Costa *et al.*, 2001) que corresponde à situação de Mar de Sudoeste (Basto, 2009). A direção da agitação marítima é um aspeto importante porque determina a deriva litoral de sedimentos (Andrade *et al.*, 2007). Na figura 2.12 consta a direção da agitação marítima registada pela boia ondógrafo de Leixões.

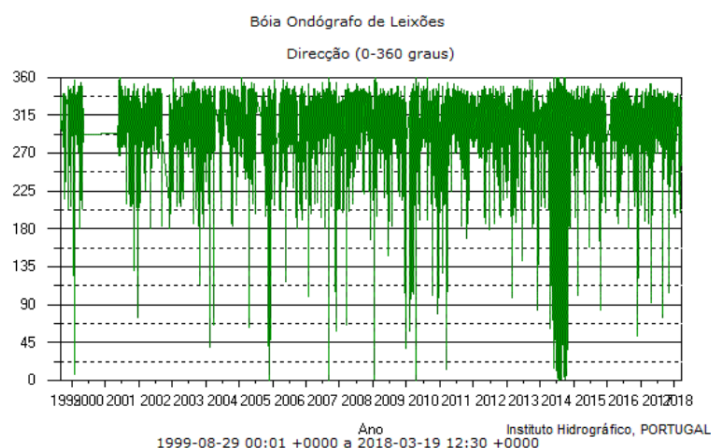


Figura 2.12 Histórico da direção em graus ($^{\circ}$), da agitação marítima recolhidos pela Bóia Ondógrafo de Leixões (Fonte: Instituto Hidrográfico, 2018)

2.2.5 Maré Astronómica

A maré astronómica consiste na subida e descida periódica do nível do mar e de outros corpos de água ligados ao oceano, causada pela interferência da Lua e do Sol sobre o campo gravítico da Terra (APRH, 2018). A influência da Lua é muito superior devido á sua proximidade com a Terra, apesar da muito menor massa em comparação com o Sol (Hidrográfico, 2018).

Devido á complexidade da batimetria oceânica e disposição dos continentes, as fases e amplitude das marés são específicas para cada local (APRH, 2018). Em algumas regiões a maré pode ser do tipo diurna, onde apenas se verifica uma maré cheia e uma maré vazia por dia, caso do Golfo do México e no Mar de Java. Noutras regiões a maré é do tipo semidiurna, com a ocorrência de duas marés cheias e duas marés vazias por dia, caso de Portugal.

Quando o Sol e a Lua estão em oposição ou em conjunção (Lua Nova ou Lua Cheia), a amplitude das marés é relativamente elevada. Quando o Sol e a Lua estão em quadratura (Quarto Minguante e Quarto Crescente), a amplitude das marés é relativamente baixa. Deste modo, as marés vivas ocorrem de 15 em 15 dias. Este facto é importante para o fenómeno de erosão costeira porque, quanto maior for a amplitude da maré, maior é o potencial para se verificar dano costeiro. A ocorrência de sobrelevação meteorológica do nível do mar em períodos de maré cheia de grande amplitude pode originar galgamentos e inundações costeiras em zonas baixas (Basto, 2009) e que será ainda agravada se coincidir com agitação marítima.

A amplitude das marés mortas é de 1,4 metros e das marés vivas é de 3 metros. Ou seja, o nível da água pode variar 3 metros. Este valor pode ainda ser maior nas marés vivas equinociais devido a uma maior influência do Sol nestes períodos (Hidrográfico, 2018).

2.3 AÇÕES ANTROPOGÊNICAS

2.3.1 Dragagens e Exploração de Inertes

A realização de dragagens é essencial para o bom funcionamento de muitos portos, na medida em que se torna necessária para garantir condições de navegabilidade (Portela, 2011). Consistem na retirada, transporte e deposição de sedimentos e podem ser de três tipos distintos segundo Conceição (Conceição, 2016).

As dragagens de primeiro estabelecimento são as mais complexas e envolvem, geralmente, intervenções de grande envergadura. Estas dragagens são condição necessária para implementar projetos. As dragagens de manutenção são efetuadas para manter as condições de navegabilidade de canais e portos. As outras estão ligadas a projetos de recuperação ambiental do material dragado (Conceição, 2016).

Esta atividade tem, em regra, grande impacto no meio. Para Manap e Voulvoulis (Manap e Voulvoulis, 2015), a melhor forma para entender os impactos ambientais das dragagens é através de um modelo conceptual representando a fonte, trajeto e alvo. Na figura 2.13 está representado um modelo deste tipo.

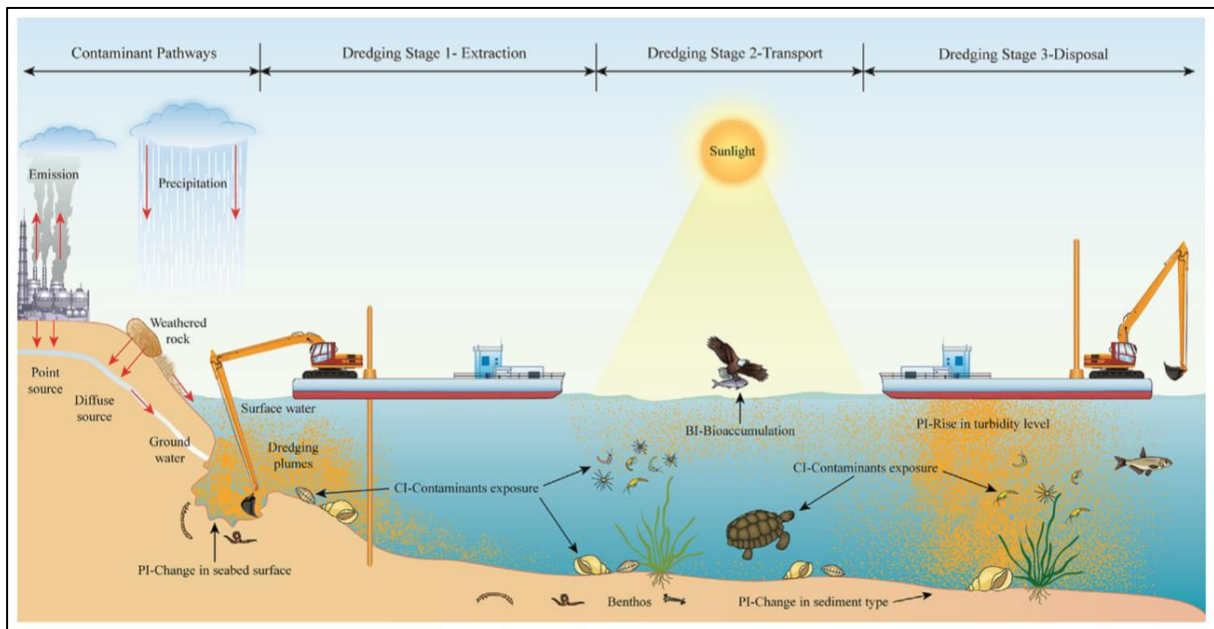


Figura 2.13 Esquemática dos impactos gerados pela atividade de dragagem (Fonte: Manap e Voulvoulis, 2015)

Dragar sedimentos não gera impactos apenas na área onde é feita a dragagem, mas também no local da deposição dos dragados e, por vezes, a grandes distâncias em função das características dos dragados e das correntes. Esta atividade poderá levar a uma dispersão de contaminantes na coluna de água, caso os sedimentos estejam contaminados, e também poderá originar o efeito de bioacumulação, caso os contaminantes sejam bioacumuláveis. Verificar-se-á um aumento nos níveis de turbidez (figura 2.14), afetando as comunidades de fitoplâncton e uma alteração morfológica dos fundos e do tipo de sedimentos (Manap and Voulvoulis, 2015).



Figura 2.14 Dragagem realizada na Ria de Aveiro em 1998 (Fonte: Mota Lopes)

As dragagens sem reposição dos sedimentos na deriva constituem uma das ações que contribuem para o crescente déficit sedimentar (GTL, 2014) por retirarem sedimentos do seu ciclo natural, sendo usados para outros fins como a construção e agricultura (Conceição, 2016). Por outro lado, os sedimentos provenientes de dragagens podem e devem ser usados para a alimentação artificial de praias, se os mesmos possuírem qualidade para tal. A Lei nº49/2006 de 29 de Agosto obriga a que a extração de areias, quando realizada até 1 km para o interior e 1 milha náutica no sentido do mar seja utilizada para alimentação de praias.

Outra ação antrópica que contribui para o déficit sedimentar é a extração de inertes realizada em zonas fluviais, estuarinas e costeiras. Segundo Dias (Dias, 2004), o número de m³ de sedimentos retirados ao longo das últimas décadas são reveladores e alarmantes. Já para Pereira (Pereira, 2010), os volumes de inertes extraídos são muito significativos, resultado de motivações comerciais como a construção civil.

2.3.2 Obras de Regularização de caudais (Barragens)

Não obstante o seu benefício a nível de produção de energia, armazenamento de água para consumo humano, regadio e minimização de cheias, as barragens têm impacto negativo na biodiversidade, através da fragmentação de habitats (GEOTA, 2009) e reduzem o transporte sedimentar (WCD, 2000) pelo que a sua construção tem influência negativa no balanço sedimentar (GTL, 2014 e Dias, 2004). Para se ter uma ideia da dimensão deste problema, a figura 2.15 apresenta a área que fornece sedimentos de forma natural ao litoral (a laranja) e a área em que o fornecimento de sedimentos é dificultado pelas barragens (a bege). Em conjunto, estas áreas constituem as bacias hidrográficas dos rios que desaguam na costa portuguesa.



Figura 2.15 Área das bacias hidrográficas que fornecem sedimentos ao litoral (a laranja) e área das bacias hidrográficas cujo fornecimento está condicionado por barragens (a bege) (Fonte: Dias, 2004)

Segundo o Grupo de Trabalho do Litoral (GTL, 2014), a construção de barragens é um dos fatores a que tem sido atribuída mais importância na redução do fornecimento sedimentar para a costa, estimando-se que as barragens sejam responsáveis pela retenção de pelo menos 80% dos volumes de areias que eram transportadas pelos rios antes da respetiva construção (Valle, 2014 *vide* GTL, 2014). Com a construção de uma barragem os sedimentos tendem a acumular-se a montante da mesma (Boillat e Pougatsch, 2000). Tal facto deve-se à redução da velocidade do curso de água que deixa de ter energia suficiente para transportar os sedimentos mais grosseiros. Na figura 2.16a é possível observar, junto à foz dos rios, sedimentos em suspensão que foram transportados pelos cursos de água, efeito que seria maior sem as barragens. De notar a pluma de sedimentos junto à foz do rio Guadalquivir. Na figura 2.16b encontra-se um esquema de um perfil de uma albufeira que indica onde se dá a deposição dos sedimentos.

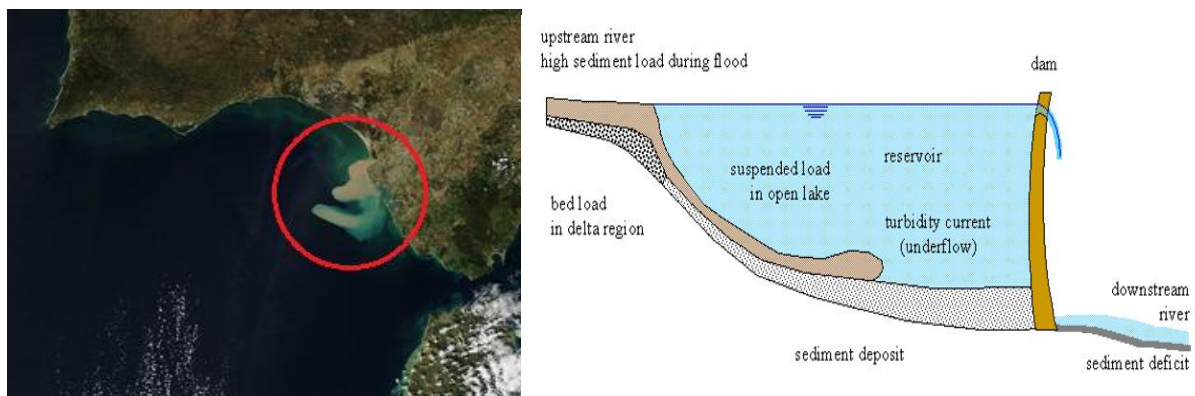


Figura 2.16a) Imagem de satélite (Aqua - True Color). Pluma de sedimentos a vermelho. (Fonte: <https://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=Spain.2018075>); b) esquema do transporte sedimentar numa barragem (Fonte: Boillat and Pougatsch, 2000)

2.3.3 Ocupação do Litoral

Obras de Engenharia Costeira

A ocupação da faixa litoral a partir do século XX, nomeadamente de zonas suscetíveis à erosão costeira, levou à necessidade da construção de obras pesadas de defesa, para impedir o avanço do mar, embora tal só tenha efeito no local da obra já que a erosão se mantém nas suas imediações. Como resultado desta ação dá-se a formação de uma espécie de cabo artificial (Mota Lopes, 2018), tal como se pode observar na figura 2.17.



Figura 2.17 Aparente avanço do aglomerado em direção ao mar devido ao efeito da obra de defesa que fixa pontualmente a linha de costa, mas não impede o avanço do mar na envolvente. (Fonte: Mota Lopes, 2018)

Um dos tipos de obras de defesa mais frequentes na costa portuguesa é o esporão (Polis Litoral Norte, 2010). A construção de esporões afeta a circulação sedimentar e que é predominantemente de Norte para Sul na costa Oeste do continente e onde se insere o troço objeto de estudo nesta dissertação. Deste modo e em condições normais verifica-se a acumulação de sedimentos a barlar do esporão e a perda de sedimentos a sotamar, que poderá tornar necessário a construção de enrocamentos aderentes à margem costeira (PROCIV, 2010).

Ao contrário dos esporões que são construídos perpendicularmente à linha de costa, as estruturas de defesa aderente são construídas sobre a linha de costa, com o objetivo de impedir o seu recuo (Polis Litoral Norte, 2010). As estruturas de defesa aderente acabam por gerar um efeito reflexivo na ondulação o que favorece a perda de areal podendo levar ao desaparecimento da praia (Cardona, 2015). As estruturas longitudinais, onde se inserem as defesas aderentes, também podem ser construídas no leito do mar geralmente com o objetivo de reduzirem o efeito da agitação marítima junto à costa o que proporcionarem a fixação de sedimentos na sua área de influência, salvaguardando as praias e sistemas dunares (Ferreira, 2016).

As obras de proteção costeira, embora essenciais para proteger os aglomerados urbanos construídos ao longo da costa, acabam por alterar o equilíbrio hidrodinâmico do litoral, o que leva, a par do défice sedimentar, ao aumento dos fenómenos erosivos. Além do mais, acabam por encorajar a expansão urbana por detrás da obra aderente devido à falsa sensação de segurança que acabam por transmitir (Ferreira, 2016).

Destruição de Sistemas Naturais de Proteção

A ocupação antrópica do litoral resultou na destruição de grandes extensões do sistema dunar, comprometendo a estabilidade da linha de costa (Sousa, 2010). As praias, juntamente com os sistemas dunares são estruturas naturais de dissipação da energia da onda e de defesa contra o avanço das águas e em permanente movimento cíclico. Em regra, as tempestades de Inverno em condições de maior agitação marítima tendem a arrastar os sedimentos da praia emersa para a praia submarina podendo originar escarpamento do sistema dunar (figura 2.18a) e que corresponde a um perfil de Inverno mais magro e que é recuperado no Verão por ação predominantemente do vento, salvo se o troço em questão estiver com défice sedimentar. A ocupação dos sistemas dunares elimina o efeito de defesa que estes sistemas proporcionam (Boto *et al.*, 1997) e colocam em situação de risco as construções efetuadas nesses locais (figura 2.18b).

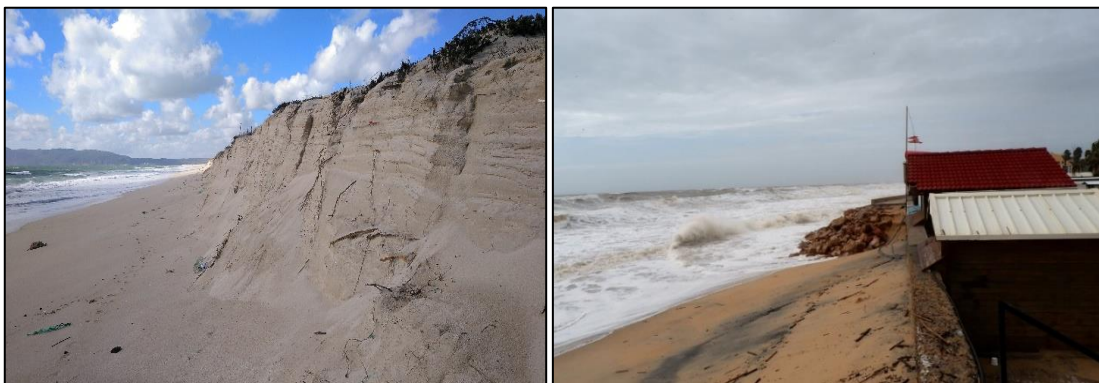


Figura 2.18 a) Costa Alentejana (Grândola). Escarpamento dunar (Fonte: Autor, 2018); b) Edifícios em risco eminente na Praia de Faro (Fonte: SIARL, 2018)

A ação antrópica também acaba por influenciar negativamente estes ecossistemas através da introdução de espécies invasoras, como a *Carpobrotus edulis*, que dificulta o estabelecimento de espécies típicas destes ecossistemas, como é o caso da *Ammophila arenaria*, essencial para a fixação de areias e consequente formação da duna (Marchante, 2001). Outro aspeto que compromete a integridade do sistema dunar é o pisoteio que acaba por o fragmentar (Sousa, 2010), como se pode observar na figura 2.19.



Figura 2.19 Praia do Carvalho, Grândola. Fragmentação do sistema dunar por ação de pisoteio (Fonte: Autor, 2018)

2.3.4 Alterações Climáticas

O efeito de estufa, principal causa das alterações climáticas, consiste na retenção da radiação por parte da atmosfera da Terra devido a alguns gases que têm capacidade para tal. O dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o Óxido Nitroso (N_2O) são os principais gases causadores de efeito de estufa (Salawitch *et al.*, 2017). Através do gráfico 2.20, é possível constatar que existe correlação entre a variação do valor médio de temperatura global à superfície, os valores dos gases referidos e a população.

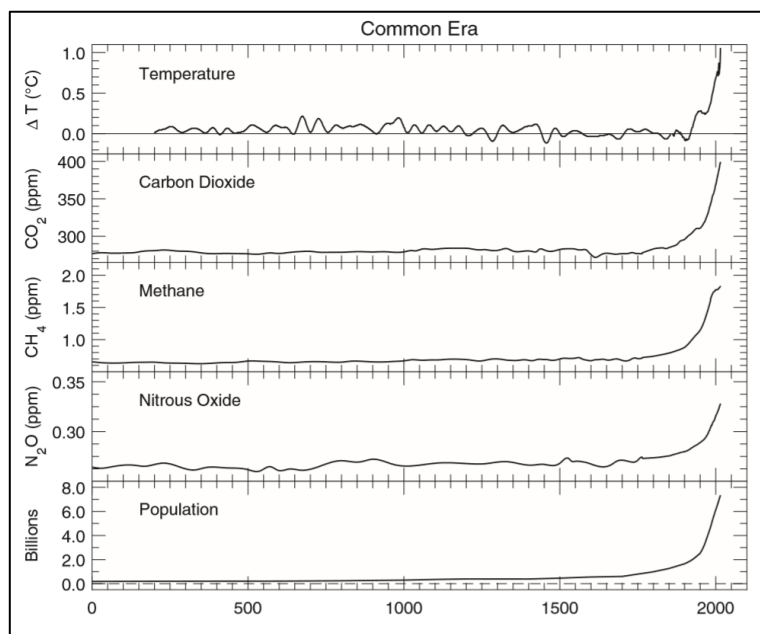


Figura 2.20 Variação de temperatura, CO_2 , CH_4 , N_2O e população ao longo dos anos (Fonte: Salawitch *et al.*, 2017)

É seguro afirmar que as atividades humanas são a principal causa do aquecimento observado desde meados do século XX (Wang e Chameides, 2007). A queima de combustíveis fósseis, a desflorestação, a atividade pecuária e o uso de fertilizantes são as principais atividades que contribuem para o aquecimento global. A subida da temperatura média global acaba por modificar o clima (IPCC, 2014). Em relação a Portugal, o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2014) refere como principais impactes decorrentes das alterações climáticas:

- O aumento do risco de incêndios florestais;
- Aumento de inundações costeiras;
- Queda da produtividade agrícola;
- Queda da produtividade da atividade piscatória;
- Perda de biodiversidade;
- Maior incidência de espécies invasoras.

Para esta dissertação interessa considerar o que possa estar relacionado com o aumento dos riscos costeiros: a subida do nível médio do mar e a alteração do regime de tempestades.

Subida do Nível Médio do Mar

De acordo com o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2014), é provável que o Nível Médio do Mar (NMM) tenha subido, em média, 1,7 milímetros por ano entre 1900 e 2010 e que este ritmo aumente durante o século XXI. O IPCC prevê que daqui a 200 anos, no pior cenário, o NMM aumente 2 metros. Este aumento dever-se-á à expansão térmica dos oceanos, e ao degelo dos polos e glaciares. A subida do NMM traduz-se num aumento do potencial erosivo do mar, logo, maior probabilidade de ocorrerem galgamentos e inundações (Ferreira, 2016). Para (Santos e Miranda, 2006), a subida do NMM levará à intensificação do processo erosivo e aumento das cotas de inundação.

Alteração no Regime de Tempestades

As temperaturas no Ártico aumentaram desde o século XIX (van Wijngaarden, 2014; IPCC, 2014; Hassol, 2004). Este aumento influencia o vórtice polar (cyclone com ar muito frio que roda em torno do polo) com tendência para o enfraquecer e perturbar (Mitchell *et al.*, 2012). Como resultado de um fraco vórtice polar, dois núcleos de ar frio tendem a instalar-se sobre o Norte da Europa e América do Norte correspondendo a centros de alta pressão, o que resulta na descida em latitude do *jet stream*, ou seja, no estabelecimento de uma zona depressionária no Atlântico Norte favorável ao desenvolvimento de depressões na latitude de Portugal Continental. (Meyer *et al.*, 2018) (figura 2.21).

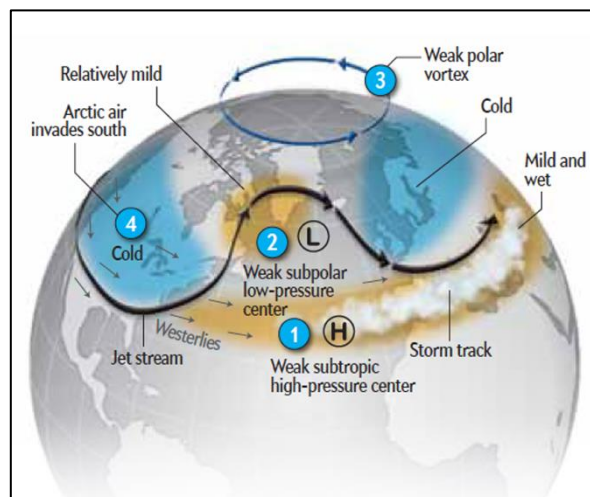


Figura 2.21 Disrupção do vórtice polar e conjugação entre sistemas de pressões (Fonte: <https://theconversation.com/the-freak-warm-arctic-weather-is-unusual-but-getting-less-so-92590>)

Neste padrão, as depressões ocorrem mais a Sul do que o normal, traduzindo-se num clima de agitação marítima de Sudoeste, como aconteceu em Fevereiro / Março de 2018 com registo de ocorrências de erosão costeira em zonas resguardadas do clima tradicional de agitação marítima. Visto que as temperaturas vão continuar a subir no Ártico, é expectável que acontecimentos deste tipo comecem a ocorrer com maior frequência. Deste modo, áreas que neste momento são menos vulneráveis à erosão costeira poderão vir a sofrer mais episódios deste tipo.

Não obstante o referido nos dois parágrafos anteriores, é expectável que o clima de agitação marítima médio sofra uma rotação entre 5 e 15° no sentido dos ponteiros do relógio (Santos e Miranda, 2006; Andrade *et al.*, 2007). Tendo em conta a orientação da costa na zona abordada nesta dissertação, é expectável que o transporte de sedimentos, de Norte para Sul, se intensifique, estimando-se que o ritmo de erosão aumente entre 15 a 25% (Santos and Miranda, 2006).

Há ainda que considerar outro tipo de tempestades. Com a subida da temperatura superficial da água do mar, outro tipo de ciclones tenderá afetar a Europa Ocidental. Ciclones com características tropicais, que habitualmente afetam a América Central e do Norte, seguindo a corrente do golfo, poderão curvar para Este e afetar a Europa Ocidental (Baatsen *et al.*, 2015). Este fenómeno pode acontecer quando a temperatura da água no Atlântico Norte é mais alta (finais do Verão e Outono) e pouco mais baixa comparativamente com as zonas habituais para este tipo de ciclones. A expansão da área delimitada pela linha isotérmica dos 26°C (temperatura ideal para a formação de ciclones tropicais) permite que estes sistemas tenham uma duração maior (Terry, 2007) e conseqüentemente atinjam novas zonas.

Em Outubro de 2017 o Furacão Ophelia seguiu esta nova rota tendo-se verificado agitação marítima do quadrante Oeste com períodos entre os 14 e 19 segundos e altura significativa entre 3 e 4 metros. As condições atmosféricas associadas a este furacão estiveram na génese dos trágicos incêndios florestais de 15 Outubro de 2017, pelo que tais fenómenos têm um impacte mais abrangente que o tema da erosão costeira.

Em síntese, teremos um clima de agitação marítima com tendência para aumentar a erosão instalada, o que agravará a situação das zonas tradicionalmente mais críticas, com tendência para se alargar a zonas tradicionalmente menos afetadas.

Intensificação da Nortada no Verão

Apesar de ser menos importante que as anteriores, esta alteração no clima merece ser referida dada a sua influência na formação e desenvolvimento de sistemas dunares, que constituem uma defesa natural contra mar. O *jet* costeiro é um fenómeno de vento paralelo à costa com uma componente vertical relativamente pequena, menos de 1000 metros de altura, mas com uma extensa componente horizontal, centenas de quilómetros (Rijo *et al.*, 2014).

O *jet* costeiro tem origem na diferença de temperaturas sobre o mar e sobre terra. Com temperaturas mais baixas e efeito do Anticiclone dos Açores existe um conflito entre a massa de ar marítima e adjacente massa de ar terrestre, com temperaturas mais altas e efeito de uma depressão térmica. Este conflito de diferentes temperaturas e diferentes pressões gera o *jet* costeiro com ventos de Norte para Sul, também conhecidos por nortada. Espera-se uma intensificação da nortada no Verão, devido à intensificação do *jet* (Lima *et al.*, 2014).

2.4 SEDIMENTOS: CICLO E BALANÇO SEDIMENTAR

Dada a importância do balanço sedimentar para a evolução da linha de costa (GTL, 2014), convém averiguar a origem e o destino dos sedimentos. O ciclo sedimentar é composto pelas seguintes etapas: meteorização, erosão, transporte, deposição, transformação e elevação tectónica (Selley, 2000).

- A meteorização é composta por processos físicos, químicos e biológicos que atuam sobre uma rocha desintegrando-a. De entre os processos físicos destacam-se o congelamento, insolação e cristalização. Em relação aos processos químicos a hidrólise e a oxidação e quanto aos processos biológicos, a ação de micróbios, plantas e animais (Sam Boggs, 2013).
- O processo de erosão consiste na remoção dos sedimentos da rocha-mãe que, através da etapa de transporte são deslocados para novos locais onde são depositados. De entre os processos de erosão há que destacar a gravidade, vento, ação glacial e escoamento.
- Na etapa de transformação dá-se a compactação de sedimentos que se transformam em rocha sedimentar.
- A etapa de elevação tectónica que consiste na elevação do material rochoso por ação tectónica (Selley, 2000).

O balanço sedimentar consiste na diferença entre o volume de sedimentos armazenado no sistema e a soma dos volumes de sedimentos que entram ou saem do sistema (Schwartz, 2005). Considera-se como sistema uma célula sedimentar. Para o Grupo de Trabalho do Litoral (GTL, 2014), o balanço sedimentar é definido através da quantificação das entradas (fontes) e saídas (sumidouros) de uma célula sedimentar. Na figura 2.22 são representadas todas as possíveis fontes e sumidouros de uma célula sedimentar. Na tabela 2 encontram-se esquematizados os principais processos de transporte sedimentar responsáveis pelas entradas e saídas de sedimentos de um sistema sedimentar

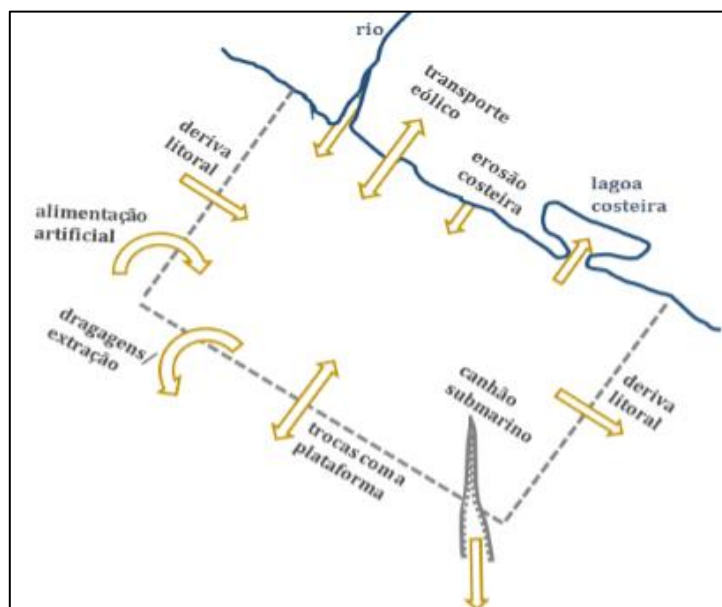


Figura 2.22 Esquema de entradas e saídas num sistema sedimentar (Fonte: GTL, 2014, adaptado de Van Rijn, 2010)

Tabela 2. 2 Processos de transporte sedimentar e respectivas fontes e sumidouros (Adaptado de Schwartz, 2005)

Processo	Fonte	Sumidouro
Deriva litoral	Célula sedimentar adjacente	Célula sedimentar adjacente
Transporte perpendicular	Alto mar; arribas; dunas; corpos de areia	Alto mar; corpos de areia
Transporte fluvial	Bacias hidrográficas	-
Transporte eólico	Dunas costeiras	Dunas costeiras
Ação gravítica	Arribas	Canhões submarinos
Intervenção humana	Bacias hidrográficas usadas como fonte para alimentação artificial de sedimentos; bypass	Zonas de dragagens; utilização de areias para construção; retenção de sedimentos por parte de barragens

Transporte Paralelo à linha de costa

Os sedimentos deslocam-se ao longo da costa principalmente devido ao efeito da ondulação (Smith e Hendee, 2011) e de fatores secundários como correntes, dimensão dos sedimentos declive do fundo e vento (Davis, 1985 e Domingues, 2014). Para esta dissertação importa destacar a deriva litoral na célula sedimentar nº1, entre a foz do rio Minho e o canhão da Nazaré, que neste troço é dominante de Norte para Sul (GTL, 2014). Este deslocamento de sedimentos pode acontecer a dois níveis. Num primeiro nível onde as ondas arrastam os sedimentos nas praias, podendo esse transporte ser paralelo à costa, e num segundo nível onde existe um transporte estável (deriva litoral) na zona entre a rebentação e a zona de fecho. (Schwartz, 2005). Transporte perpendicular à linha de costa.

Os fatores que determinam a deriva litoral também são responsáveis pela existência de transporte perpendicular, ou seja, transporte em direção à terra ou em direção ao mar. Quando a agitação marítima é bastante energética, com períodos altos, existe o transporte de sedimentos em direção ao mar formando uma coroa paralela à praia no local da sua deposição. Por outro lado, quando a agitação marítima é pouco energética, existe transporte de sedimentos em direção à terra onde são depositados na berma (Schwartz, 2005). Estes movimentos influenciam o perfil de praia (Castanho, 1966). Na figura 2.23 estão esquematizados os dois perfis de praia, também conhecidos por perfil de Inverno e de Verão, no entanto, esta classificação pode ser pouco assertiva se as condições de agitação marítima não forem o padrão para a altura do ano.

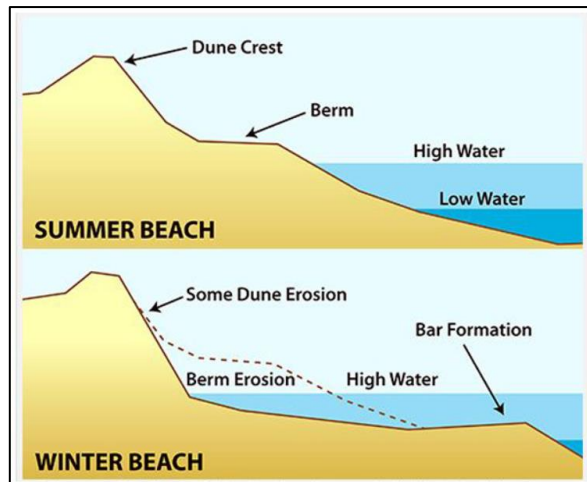


Figura 2.23 Perfis de praia. Em cima perfil relativo a um clima de agitação marítima pouco energético. Em baixo perfil relativo a clima de agitação marítima muito energética (Fonte: <https://www.friendsofbsp.org/breaking-news/science-of-the-shore-a-tale-of-two-beaches-winter-summer-beach-profiles/>)

Fonte aluvionar

Os sedimentos que importam à deriva costeira têm duas origens dominantes: origem fluvial ou a partir da erosão da margem. No caso da célula sedimentar 1, a fonte dominante de sedimentos que entram no ciclo sedimentar deve-se sobretudo ao transporte fluvial. Neste sentido, torna-se crucial impedir ou minimizar as atividades antrópicas responsáveis pela diminuição do transporte fluvial já identificadas nesta dissertação.

Transporte eólico

O vento é responsável pelo transporte de sedimentos em direção a terra. Em zonas dunares a existência de vento possibilita a fixação de sedimentos nestas áreas o que permite ao sistema dunar aumentar a sua cota (Ministerio de Medio Ambiente Espanhol, 2007). Apesar de constituir um sumidouro de sedimentos, os sistemas dunares são fundamentais para a proteção costeira. Em caso de erosão do ecossistema dunar, os sedimentos acabam por retornar ao ciclo sedimentar (Schwartz, 2005) embora, por serem sedimentos finos, geralmente têm pouco rendimento do ponto de vista do retardamento dos processos erosivos

Ação gravítica

A ação da gravidade é responsável pela entrada e saída de sedimentos do sistema sedimentar. No primeiro caso, através da queda de sedimentos de uma arriba. No segundo caso através dos canhões submarinos (Schwartz, 2005), como é o caso do canhão da Nazaré.

2.5 VULNERABILIDADE; PERIGO; EXPOSIÇÃO, RISCO E RESILIÊNCIA

A avaliação da vulnerabilidade, exposição e risco é um processo fundamental para uma gestão sustentável das zonas costeiras. O IPCC (IPCC, 2018) define vulnerabilidade como o grau de suscetibilidade de um sistema à lesão, dano ou prejuízo. Já para a ONU, vulnerabilidade consiste nas condições determinadas por fatores ou processos sociais, económicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, comunidade, bem ou sistema aos impactes dos perigos (UNISDR, 2018). Em relação às zonas costeiras, considera-se vulnerabilidade como a suscetibilidade das orlas costeiras às ações energéticas do mar (Cardona, 2015 e Coelho, 2005 *vide* Ferreira, 2016).

Para além do grau de vulnerabilidade, é importante averiguar o nível de exposição ao perigo. Entende-se como perigo o fenómeno de origem natural, tecnológica ou mista com capacidade para causar perdas e danos (UNISDR, 2017). Já o conceito de exposição é definido como a existência de pessoas e bens localizados em zonas de risco (UNISDR, 2017).

O risco resulta da combinação da probabilidade da ocorrência de um perigo com as consequências (UNISDR, 2017). O risco também pode ser definido como o produto entre a vulnerabilidade e exposição (Cardona, 2015). É possível reduzir o risco através da redução do grau de vulnerabilidade de um território. Para tal basta aumentar o seu nível de resiliência. Define-se resiliência como a capacidade de antecipar, resolver, resistir e recuperar do fenómeno causador de perigo (UNISDR, 2017). O aumento da resiliência de um território pode ser conseguido através de um bom ordenamento, planeamento e gestão (Ferreira, 2016).

2.6 GESTÃO DE RISCO E ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO

De acordo com o Plano de Ação Litoral XXI (APA *et al.*, 2017), é expectável um aumento dos fenómenos erosivos e de inundações costeiras devido aos impactos das alterações climáticas o que dificulta ações que visem prevenir e mitigar situações de risco. Neste sentido são recomendadas as seguintes estratégias para gerir o risco:

- Remoção do risco: Elimina totalmente a possibilidade de o risco ocorrer através da remoção do perigo ou da retirada de pessoas e bens;
- Redução do Risco: Reduz a probabilidade de ocorrência do risco e/ou redução das suas consequências;
- Aceitação do Risco: Aceita o risco devido à sua baixa probabilidade, impacto e quando é mais vantajoso, numa perspetiva de análise de custo/benefício.

As estratégias de gestão do risco estão implícitas no processo de adaptação das zonas costeiras aos efeitos das alterações climáticas. Para o IPCC (IPCC, 2018), o processo de adaptação consiste no ajuste dos sistemas naturais ou humanos em resposta a atuais ou futuras alterações climáticas e os seus efeitos, com vista a mitigar o risco e explorar eventuais oportunidades. É ainda efetuada uma discriminação da adaptação em 3 três tipos:

- Adaptação em antecipação, ou adaptação proactiva. Refere-se à adaptação efetuada antes de sentidos os efeitos das alterações climáticas;

- Adaptação autónoma ou adaptação espontânea. Resulta de mudanças nos sistemas naturais e humanos e não está associada às alterações climáticas;
- Adaptação Planeada. Advém de políticas que se baseiam no reconhecimento de que as condições do meio se alteraram ou estão prestes a tal, sendo necessária ação para voltar ou manter o estado desejado.

No campo da gestão costeira, o conceito de adaptação às alterações climáticas tem como objetivo reduzir o risco de galgamento, inundação e erosão. Neste sentido, existem três abordagens a adotar na conceção de uma estratégia de adaptação: a defesa; acomodação e a retirada planeada (GTL, 2014).

A abordagem de defesa consiste na manutenção ou avanço da linha de costa através de obras pesadas ou leves, enquanto que a abordagem de acomodação consiste na adaptação das atividades humanas e infraestruturas por forma a reduzir o efeito de galgamentos e inundações. Já a abordagem de retirada planeada consiste na retirada de pessoas e bens de zonas muito vulneráveis para zonas menos vulneráveis (Ferreira, 2016).

De acordo com o Plano de Ação XXI, deve ser ainda tido em consideração numa estratégia de adaptação o papel preventivo que os instrumentos de Gestão do Território (IGT) devem ter na minimização da exposição ao risco, como é a interdição na ocupação ou densificação de zonas vulneráveis aos galgamentos e à erosão costeiras.

2.6.1 Defesa

A abordagem de defesa é cara e frequentemente temporária e consiste na implementação de intervenções que podem ser de dois tipos: intervenções leves e intervenções pesadas (Williams *et al.*, 2018). As estruturas usadas na abordagem de defesa estão sintetizadas na tabela 3.

Tabela 2.3 Obras/intervenções usadas para implementar uma abordagem de defesa (Adaptado de: Williams et al., 2018)

Tipo de Intervenção	Nome	Definição
Pesada	Esporão	Estrutura perpendicular à linha de costa com o intuito de reter sedimentos.
Pesada	Estrutura de defesa aderente	Estrutura localizada na linha de costa para impedir o galgamento costeiro e erosão.
Pesada	Quebra-mares destacados	Estrutura sem ligação a terra com o objetivo de reduzir a energia das ondas junto à linha de costa.
Leve	Alimentação artificial de praia	Realizada periodicamente com o objetivo de manter o perfil de praia pretendido e minimizar o défice sedimentar.
Leve	Restauração/Construção dunar	Infraestrutura verde eficaz na dissipação da energia das ondas e para minimizar galgamentos.

Esporões

Os esporões são estruturas perpendiculares à linha de costa, com um comprimento máximo de 300 metros e normalmente construídas em blocos de betão ou rocha (Van Rijn, 2013). A sua construção apenas deverá ser feita em zonas onde se verifique transporte sedimentar (Coelho, 2005). A função do esporão é reter os sedimentos a barlar, o que resulta num défice de sedimentos a sotamar, acelerando o processo erosivo (figura 2.24).

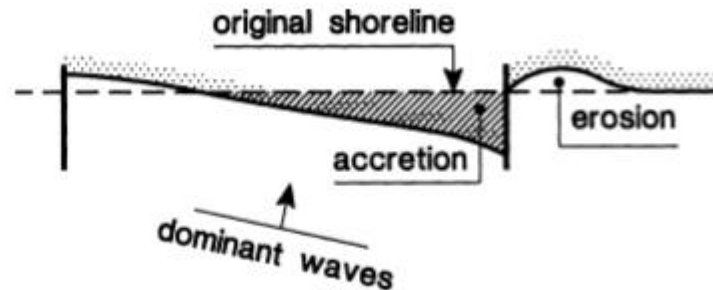


Figura 2.24 Representação da alteração da linha de costa após a implementação de um esporão (fonte: Van Rijn, 2013)

A construção de um esporão ou de um campo de esporões tem como objetivo (Williams *et al.*, 2018; US Army Corps of Engineers, 1992 e Kraus *et al.*, 1994):

- Estabilizar os sedimentos de um segmento de praia suscetível à erosão;
- Reter sedimentos em deslocação por ação de transporte sedimentar;
- Impedir a migração de sedimentos entre células sedimentares onde se encontram sumidouros.

Os esporões podem variar na sua forma. A forma mais comum são os esporões retos, mas existem variantes em forma de “T”, “Y” e “L” que têm como função adicional a redução da energia das ondas e a formação de agueiros (Kraus *et al.*, 1994)

Quebra – Mares Destacados

Podendo ser emersos ou submersos, são construídos no mar e sem ligação à costa. Constituem uma barreira para a ondulação acabando por reduzir o clima de agitação marítima entre a linha de costa e o grupo de quebra – mares. De acordo com Van Rijn (Van Rijn, 2013), os quebra – mares destacados são normalmente constituídos por três tipos de materiais:

- Unidades de geotêxtil com sedimentos;
- Unidades de betão em forma triangular;
- Unidades rochosas com forma trapezoidal.

Uma das vantagens da implementação de um sistema de quebra-mares destacados é o aumento da biodiversidade (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2004 e Fowler e Booth, 2013). Outra vantagem prende-se com o facto de este tipo de sistemas promover a deposição de sedimentos, reduzindo a necessidade de se proceder à alimentação artificial (Williams *et al.*, 2018).

Este tipo de defesa apresenta algumas desvantagens (Williams *et al.*, 2018; Ferreira, 2016):

- Elevados custos de construção e manutenção;
- Impacte paisagístico negativo (no caso de quebra-mares emersos);
- Impacte negativo para a prática de desportos de ondas como o *surf*;
- Pode gerar conflitos na gestão do espaço marítimo;
- Impacto negativo para o uso balnear devido à alteração da morfologia da praia;
- Pode reduzir a qualidade da água devido ao efeito de confinamento;
- Pode induzir erosão em alguns troços da praia, apesar de no geral haver uma redução dos níveis de erosão (tal como se pode observar na figura 2.24)

Na figura 2.25 é possível verificar a alteração da linha de costa onde se dá acreção por detrás da quebra - mares e erosão entre os mesmos. A ligação formada entre um quebra - mar e a costa dá-se o nome de tómbolo (Van Rijn, 2010).

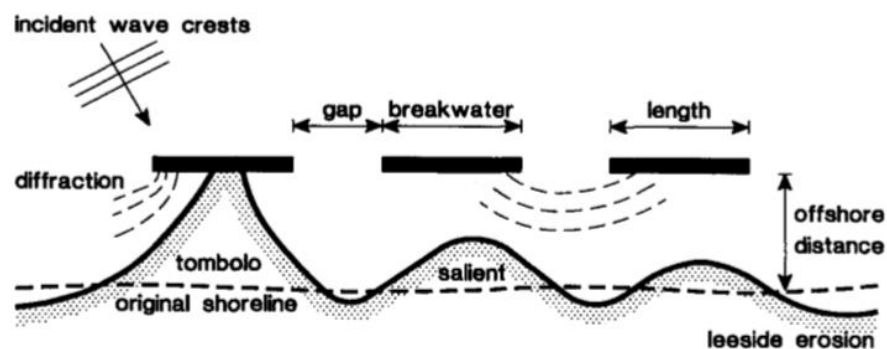


Figura 2.25 Alteração da linha de costa em função da implementação de um campo de quebra - mares destacados (fonte:(Van Rijn, 2013)

Obras Longitudinais Aderentes

Esta solução é utilizada quando já não existem soluções para se fixarem sedimentos, ou seja, é uma solução de último recurso (Van Rijn, 2010). A obra longitudinal aderente é construída com uma grande inclinação ou até mesmo totalmente vertical e funciona como uma “muralha” que protege o território adjacente contra mares agitados por ação de tempestades e também da erosão crónica devido ao défice sedimentar (Van Rijn, 2013). Este tipo de infraestruturas são então utilizadas para fixar ou até mesmo avançar a linha de costa (Ferreira, 2016). Por outro lado, encorajam a fixação de pessoas e bens nas suas proximidades porque proporcionam uma sensação de falsa segurança, dado que, em caso de eventos extremos superiores para os quais a obra foi dimensionada, terão efeitos devastadores (Sutton-Grier *et al.*, 2015).

As obras longitudinais aderentes apresentam as seguintes desvantagens (Williams *et al.*, 2018; Ferreira, 2016):

- Não existe efeito dissipativo da energia das ondas originando refluxo;
- Devido ao refluxo, verifica-se a perda de sedimentos e conseqüente abaixamento do perfil de praia no Inverno o que aumenta a energia da onda sobre a obra;
- Maior variabilidade sazonal de sedimentos;

- Perda de biodiversidade;
- Impacte paisagístico;
- Elevados custos de construção;
- Limita o acesso ao mar;
- Aumento do ritmo de erosão nas extremidades da obra.

Na figura 2.26 encontra-se um esquema de um perfil de praia com uma obra de defesa longitudinal aderente.

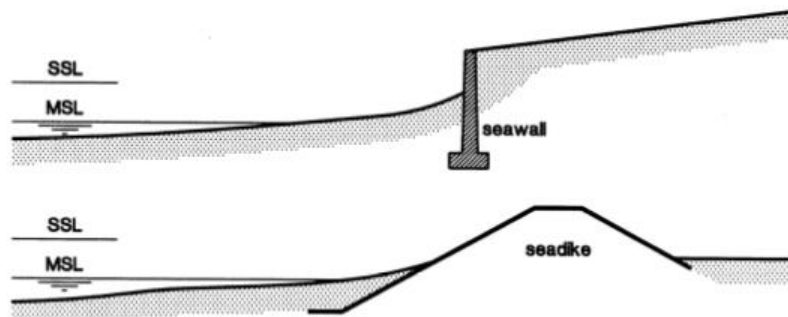


Figura 2. 26 Perfil de praia com uma obra de defesa longitudinal aderente (fonte: Van Rijn, 2013)

Alimentação artificial de praia

Consiste na deposição de areia num troço costeiro em erosão, por via mecânica ou hidráulica, para repor o perfil de praia. Esta ação tem impacte nos ecossistemas, ainda assim, menores do que qualquer tipo de obra pesada. Há autores que têm o entendimento que a alimentação artificial é a solução para combater o problema estrutural do défice sedimentar.

As vantagens da alimentação artificial de praia são (Williams *et al.*, 2018; Ferreira, 2016):

- Aumento da dissipação da energia das ondas;
- Aumento de biodiversidade;
- Benéfico para o uso balnear;
- Impacto económico positivo;
- Custo relativamente baixo (dependendo do tipo de costa);
- Impacto visual pouco significativo.

As desvantagens são (Williams *et al.*, 2018; Ferreira, 2016):

- Impacto nos ecossistemas na fonte de sedimentos e no meio recetor;
- Necessita de manutenção periódica;
- Risco de contaminação do meio recetor, caso as areias a introduzir estejam contaminadas;
- Falsa sensação de segurança que encoraja a artificialização das zonas adjacentes.

Restauro de Sistemas Dunares

Nos litorais arenosos, os sistemas dunares constituem a solução natural para a defesa contra o avanço das águas. Acabam por oferecer uma reserva de areia para as ondas erodirem, resguardando o

território adjacente (NSW Department of Land and Water Conservation, 2001) e evitam avanços repentinos do mar em situação de galgamento. Os ecossistemas dunares são sistemas bastante dinâmicos, sofrendo alterações ao longo do tempo em resposta às pressões a que estão sujeitos (Silva *et al.*, 2004).

Estes ecossistemas constituem uma infraestrutura verde com impacto visual positivo dado que são elementos da paisagem natural e autóctone, proporcionando áreas naturais que contribuem para o aumento da biodiversidade. O restauro dunar, efetuado em frentes urbanas, serve como fonte de proteção natural e em caso de sucesso, dar-se-á o crescimento da duna para sotavento permitindo afastar zonas vulneráveis do perigo (Ferreira, 2016). Contudo, este tipo de intervenções apresenta as seguintes desvantagens (Williams *et al.*, 2018; Ferreira, 2016):

- Alta suscetibilidade à erosão;
- Em zonas com défice sedimentar, são necessárias constantes alimentações de sedimentos;
- Falsa sensação de segurança que encoraja a artificialização das zonas adjacentes.

2.6.2 Acomodação

A abordagem de acomodação envolve iniciativas, sejam por antecipação sejam reativas, que permitem manter usos e atividades em zonas de risco, mas onde o aumento da segurança e da resiliência do território deve ser incrementado para que se possa assumir como um elemento das estratégias de adaptação. Esta abordagem deve ser integrada numa estratégia de adaptação que também inclua a abordagem de retirada planeada a longo prazo (Volk, 2008). Na tabela 4 encontram-se sistematizadas medidas de acomodação a implementar em aglomerados urbanos com risco de galgamento (Faasen, 2014; Ferreira, 2016):

Tabela 2. 4 Medidas usada para implementar uma abordagem de acomodação (Adaptado de Faasen, 2014)

Estratégia	Medida	Objetivo
Planeamento urbanístico resiliente – frentes urbanísticas mais resilientes e funcionais	Barreiras e muros permanentes	Diminuir o risco de galgamento
	Pavimentos permeáveis	Promover a infiltração de água e diminuir o risco de inundação
	Infraestruturas verdes	Diminuir o risco de inundação e de galgamento
	Sistema de drenagem	Encaminhar as águas para zonas de encaixe
	Acomodação de edifícios	Diminuir o risco de inundação
	Usos sazonais	Ocupação inteligente do território
Prevenção	Elaboração de mapas de risco	Fornecer informação sobre risco costeiro
	Sistema de alerta de condições adversas	Avisa a comunidade atempadamente para que esta tome as precauções necessárias.

Planeamento Urbanístico Resiliente

É ao nível do planeamento urbano e da gestão do território e em função da particularidade de cada local, que deverão ser desenvolvidas medidas preventivas que incrementem a resiliência do território.

MUROS MURETES E BARREIRAS

Integrados na paisagem urbana, estas infraestruturas cinzentas constituem um obstáculo que permite diminuir o risco de inundação no aglomerado. Ao contrário da obra longitudinal aderente, que constitui um tipo de defesa, os muros e barreiras permanentes fazem parte da abordagem de acomodação devido ao facto de estarem integrados em termos paisagísticos e proporcionarem espaços de lazer. Na figura 2.27 é possível observar em a) um pequeno muro onde assenta uma barreira em vidro, em b) um muro com bancos embutidos e em c) uma barreira com ciclovía e espaço verde.



Figura 2. 27 a) Barreira em tijolo e vidro (Fonte: <http://www.floodcontrolinternational.com/PRODUCTS/FLOOD-BARRIERS/flood-barriers.php> acedido a 7 de Junho de 2018); b) Barreira em betão (Fonte: <https://www.internetgeography.net/topics/salt-marsh/sea-wall/> acedido a 7 de Junho de 2018); c) Barreira com ciclovía e espaço verde (Fonte: <http://coastalnewstoday.com/new-jersey-great-flood-wall-of-hoboken-5-things-you-need-to-know/> acedido a 7 de Junho de 2018)

PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

O uso de pavimentos permeáveis é um aspeto importante numa abordagem de acomodação. Em caso de galgamento, a existência de pavimentos impermeáveis promove o escoamento superficial na frente urbana e dentro do aglomerado, de algo que não é desejável. Os pavimentos porosos permitem a infiltração da água do mar diminuindo ou impedindo na totalidade o escoamento superficial no aglomerado urbano. Na figura 2.28 é visível em a) pavimento de betão em forma de grelha, em b) asfalto poroso e em c) pavimento em betão com grandes aberturas.



Figura 2. 28 a) Pavimento permeável em betão (Fonte: Soz, Kryspin-Watson and Stanton-Geddes, 2016); b) asfalto poroso (Fonte: <http://www.tarmac.com/solutions/readymix/topmix-permeable/> acedido a 7 de Junho de 2018); c) pavimento

permeável em betão (Fonte: <https://specificationproductupdate.com/2017/09/22/growing-concerns-grass-concrete-limited/> acedido a 7 de Junho de 2018)

INFRAESTRUTURAS VERDES

As infraestruturas verdes constituem o suporte da paisagem e dos ecossistemas autóctones e devem proporcionar a função de corredor ecológico criando habitats. Para além disso constituem um ativo importante na medida em que constituem um espaço de lazer e recreio, podendo servir de instrumento para a educação e sensibilização ambiental para os temas da vulnerabilidade, perigo e risco (Ferreira, 2016).

Integradas no planeamento urbanístico da frente urbana, as infraestruturas verdes constituem uma mais valia na estratégia de adaptação de uma zona costeira. Podem funcionar com um sistema protetor contra o galgamento, caso dos sistemas dunares, ou como sistema de infiltração e escoamento da água que galgou as defesas costeiras, como é o caso das valas verdes (*bioswales*). Na figura 2.29 constam dois exemplos de valas verdes com plantas autóctones, a) e b), e em c) uma infraestrutura verde constituída por um apoio de praia embutido num ecossistema dunar.



Figura 2. 29a) vala verde (Fonte: Bowker, Escarameia e Tagg, 2007); b) vala verde (Fonte: <http://ucsdnews.ucsd.edu/archive/newsrel/general/06-08-11beachProtect.asp> acedido a 7 de Junho de 2018); c) apoio de praia enquadrado no ecossistema dunar (<http://www.hoogwaterbeschermingsprogramma.nl/PersPress/English+press/Exceptional+projects/Katwijk+Engels/default.aspx> acedido a 7 de Junho de 2018)

SISTEMA DE DRENAGEM

Caso as estruturas de defesa sejam comprometidas, é fundamental que o aglomerado urbano esteja dotado de um sistema de drenagem capaz de encaminhar a água do mar para zonas de encaixe. Neste sentido, a instalação de um sistema de drenagem corretamente dimensionado complementado por sistemas de grelhas estrategicamente localizadas (figura 2.30a) e por aberturas nos lancis (figura 2.30b) constituem uma opção válida para drenar a água que galgou a costa. A instalação de barreiras amovíveis junto aos pontos de entrada do sistema de drenagem aumenta a eficiência do mesmo (figura 2.30 c)).



Figura 2. 30 a) grelha de drenagem (Fonte: Bowker, Escarameia e Tagg, 2007); b) aberturas nos lancis (Fonte: (Bowker, Escarameia e Tagg, 2007); c) barreiras amovíveis (Fonte: <http://www.floodcontrolinternational.com/PRODUCTS/FLOOD-BARRIERS/fliip-up.html> acedido a 7 de Junho de 2018)

ACOMODAÇÃO DE EDIFÍCIOS

A acomodação de infraestruturas e edifícios permite criar soluções urbanísticas mais resilientes para aglomerados vulneráveis a inundações e galgamentos (GTL, 2014). A elevação de edifícios apenas se aplica a novos edifícios ou a reabilitações dado que o custo de elevar um edifício é proibitivo (Faasen, 2014). Consiste na aplicação de colunas por debaixo de um edifício de modo a que a mesma se situe acima do nível de inundação. A estrutura de suporte do edifício deve ser concebida de forma a minimizar o atrito gerado entre a estrutura e a massa de água, tendo em conta também os detritos trazidos pela corrente (University of Connecticut, 2018). Neste sentido, convém ainda referir que deve ser evitada a construção de caves e que a cota de soleira deve encontrar-se acima da cota de inundação.

A fundação é a parte do edifício que transfere o peso da estrutura para o solo. Neste sentido, é necessário construir uma fundação adequada porque a estabilidade do mesmo depende da sua fundação (UNDP, 2007). Nas zonas costeiras os edifícios devem possuir a sua fundação reforçada de forma a aguentarem a força das ondas, do nível de água, ventos e destroços flutuantes (Faasen, 2014). Além do mais, esta deve ser capaz de resistir aos processos erosivos que atuam sobre o terreno, de forma a que o edifício não colapse (FEMA, 2018).

Os edifícios com revestimento reforçado são revestidos com uma camada exterior protetora. Reforçar este revestimento pode permitir que o edifício resista à pressão que a água exerce no edifício limitando os danos estruturais. Esta medida é mais efetiva em situações onde a velocidade da água é elevada (Lloyd's e RMS, 2008). Esta medida é das mais vantajosas em termos da relação custo-benefício sendo de mais fácil aplicação em novas construções e reabilitações (Faasen, 2014).

USOS SAZONAIS

Tal como ficou evidenciado no subcapítulo da agitação marítima, esta tem uma variação sazonal contrastante. Como tal, o risco de galgamento e inundação é muito elevado nos meses em torno do solstício de Inverno e substancialmente mais baixo, ou mesmo improvável, durante os meses em torno do solstício de Verão. Ou seja, o período de maior atratividade pelo litoral e que coincide com a época balnear, corresponde ao período onde os riscos costeiros devido ao avanço das águas são praticamente inexistentes.

Assim é perfeitamente aceitável e até recomendável que haja ocupação de zonas classificadas como de risco ou mesmo de alto risco durante o Verão e que sejam retiradas durante o Inverno, recorrendo a estruturas amovíveis. Estas estruturas podem ser apoios de praia, comércio, ou até habitações e como forma de responder à sazonalidade da procura do litoral. Com tais medidas é possível simultaneamente dar resposta à procura que as zonas balneares são objeto ou mesmo o problema das primeiras habitações, sem descuidar a salvaguarda do risco e que constitui porventura uma área com enorme potencial de exploração tendo em vista ajudar a implementar Estratégias de Adaptação Costeira.

Frentes urbanas mais resilientes e multifuncionais

Para implementar as medidas supra mencionadas há que combinar a retirada da frente urbana, os usos permanentes mais vulneráveis à ação das águas e planear o espaço através de soluções que ajudem a tornar as frentes urbanas mais resilientes, durante o período de maior vulnerabilidade ao avanço das águas, sem que se perca a capacidade desse mesmo espaço em apoiar a procura de que é alvo na época balnear, através de soluções urbanísticas que criem espaços mais valorizados, atrativos e funcionais.

O que se pretende é uma frente urbana multifuncional e que possa comportar as seguintes valências, todas elas devidamente enquadradas em termos paisagísticos e urbanísticos e que envolve integrar os seguintes domínios:

1. Retirada dos usos permanentes da frente urbana em maior risco;
2. Dimensionamento das obras de defesa costeira de forma integrada com o espaço envolvente;
3. Modelação do espaço vulnerável à ação das águas (aterros e desaterros) e estruturas para conter a energia das águas e favorecer o seu encaminhamento (barreiras, muros);
4. Estruturas de drenagem (encaminhamento de águas para zonas de encaixe fora do aglomerado);
5. Zonas de encaixe dentro do aglomerado;
6. Zonas dedicadas para instalar estruturas amovíveis.

Ou seja, o que se preconiza é uma simbiose entre duas disciplinas até hoje divorciadas a gestão e modelação dos espaços urbanos e a gestão e modelação de obras de defesa (com. pessoal de Mota Lopes, 2018), o que implica que intervenções nos aglomerados em risco não sejam planeadas unicamente dum ponto de vista dicotómico onde as obras costeiras são planeadas e geridas numa perspetiva desintegrada da gestão urbana, mas sim através da integração destas duas disciplinas.

A integração no planeamento urbano e das obras de defesa costeira nos aglomerados em risco costeiro, implica aproveitar as sinergias entre estas duas disciplinas de forma a se obter frentes urbanas mais resilientes e sustentáveis. Nesta perspetiva, todas as componentes do desenho urbano devem ser pensadas tendo em atenção a defesa contra o efeito das águas (espaços residenciais e públicos, espaços canais, e zonas de lazer, lúdicas e culturais) e vice-versa, as intervenções de defesa sejam desenvolvidas tendo em consideração as funções urbanas de forma a potenciar os investimentos nos dois domínios. A título de exemplo, a obra pode e deve ser planeada para, a ser galgada, quer seja em locais onde as águas possam ter menos impactos ou possam ser mais facilmente encaminhadas, o

que pressupõe trabalhar com a topografia do território urbano ou mesmo modelar o espaço urbano em consonância com a modelação da própria obra de defesa. Também uma obra que seja dimensionada para ser galgada terá certamente custos menores de instalação e manutenção do que uma obra que pretenda conter a energia da onda sem ser galgada, já que, uma forma de dissipar a sua energia é aumentar a zona de espraiamento da onda, sendo as praias naturais uma confirmação disso mesmo. Um exemplo onde esta integração é já praticada com enorme sucesso são, por exemplo, os passeios marítimos em troços de arriba onde, uma passagem estruturada no sopé da arriba, ajuda à estabilização da vertente virada ao mar ao mesmo tempo que possibilita uma utilização lúdica de grande atratividade. A arriba existente na Praia da Poça foi intervencionada neste sentido (figura 2.31).



Figura 2. 31-Arriba consolidada na Praia da Poça (Cascais) (Fonte:<http://cm-cascais.pt/noticia/consolidacao-da-arriba-na-praia-da-poca-de-3-18-de-setembro>)

Prevenção

A elaboração e divulgação de mapas de risco permite dar a conhecer a todas as partes interessadas as áreas em risco de galgamento ou inundação e é peça essencial para promover o planeamento de medidas de prevenção. Neste sentido, a comunidade fica sensibilizada para o problema (Deltares, 2016). Os mapas de risco são obtidos através da análise em simultâneo dos índices de exposição e vulnerabilidade (Cardona, 2015).

Em articulação com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Instituto Hidrográfico, Autoridade Nacional de Proteção Civil e entidades locais, deve ser desenvolvido ou melhorado um sistema de alerta que permita mitigar os efeitos adversos nas zonas de risco identificadas através dos mapas de risco. Os vários modelos de previsão meteorológica permitem antecipar fenómenos meteorológicos adversos com alguma antecedência (3 a 5 dias), o que permite a tomada de medidas preventivas como sejam a colocação de barreiras amovíveis, limpeza do sistema de drenagem ou até a retirada de pessoas e bens das áreas com elevado risco de inundação costeira.

Este tipo de sistema de alerta já foi implementado na República da Maurícia através do esforço conjunto entre o *Deltares Institute*, situado na Holanda, e entidades públicas daquele país que desenvolveram um modelo que prevê quando e onde se irá verificar uma sobrelevação do nível médio do mar de origem meteorológica. Com a atualização de seis em seis horas, permite às autoridades daquela república evacuarem a área onde será espectável ocorrer galgamento costeiro e inundação (Deltares, 2018).

Em Portugal tem vindo a ser desenvolvido um sistema de previsão, alerta e avaliação do risco de galgamento e inundações em zonas costeiras e portuárias, o HIDRALERTA (Poseiro *et al.*, 2014). O sistema usa as previsões de agitação marítima para determinar situações de emergência através do cálculo do galgamento e inundação e elaboração de mapas de risco. Este sistema constitui uma ferramenta de apoio ao planeamento e gestão de zonas costeiras (Fortes *et al.*, 2015).

2.6.3 Retirada Planeada

A retirada planeada deve ser a estratégia prioritária na gestão de zonas costeiras onde se verifica risco de galgamento e inundação, sendo esta a estratégia mais sustentável (GTL, 2014; Ferreira, 2016). De acordo com Schwartz (Schwartz, 2005), existem 5 métodos que concorrem neste tema:

- 1) Evitar zonas em risco;
 - 2) Condicionamento;
 - 3) Expropriação;
 - 4) Relocalização;
 - 5) Abandono.
- 1) Ao contrário do que parece, evitar uma zona em risco também faz parte de uma estratégia de retirada planeada. Num aglomerado situado numa zona em risco, proibir a urbanização numa área ainda não intervencionada constitui o primeiro passo da estratégia de retirada planeada do aglomerado (Schwartz, 2005).
 - 2) O condicionamento passa por incluir, no planeamento urbanístico, restrições que impeçam ou condicionem a construção de edifícios em zonas vulneráveis (Schwartz, 2005), sendo exemplo na legislação nacional as servidões ou as restrições de utilidade pública. Pode ser conseguido de forma simplista através do parâmetro de distância à costa, ou de forma mais rigorosa através da avaliação de vulnerabilidade que conjuga diversos fatores como: distância à linha de costa; topografia; geologia; geomorfologia; agitação do mar e artificialização do solo (Cardona, 2015).
 - 3) A expropriação de terrenos é um instrumento importante para a retirada planeada dado que pode também criar benefícios a nível de conservação da natureza e do usufruto público da zona costeira. Contudo, a sua aplicação levanta os seguintes constrangimentos de natureza política e socioeconómica (Neal and Bush, 2017 e Dyckman *et al.*, 2014) :
 - Perda de receitas fiscais;
 - Custo das expropriações;
 - Indisponibilidade dos moradores para abandonarem o local.
 - 4) A relocalização é a estratégia de retirada planeada mais importante para costas altamente urbanizadas (Schwartz, 2005). Esta estratégia implica a existência de planeamento urbano com ênfase para a resiliência costeira. Neste sentido, as zonas que ficaram livres dos edifícios que foram relocalizados devem ser reabilitadas de modo a contribuírem para a resiliência do aglomerado urbano, defendendo o mesmo contra os efeitos adversos da agitação marítima, nomeadamente galgamentos marítimos.
 - 5) O Abandono pode ser furtivo ou planeado. O abandono furtivo é resultado da destruição causada pelo mar a edifícios ou até mesmo resultado da reivindicação de terras pelo mesmo.

O abandono planeado é equivalente à opção de “não fazer nada” que joga com o argumento do tempo de vida dos edifícios, ou seja, quando estes são atingidos pelo mar não devem ser recuperados, pois atingiram o seu limite de tempo de vida. A estratégia de abandono planeado exige que seja proibida a reconstrução de edifícios ou que estes sejam relocados em territórios menos vulneráveis.

2.7 POSIÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO TERRITORIAL.

2.7.1 Estratégia de Adaptação de Aglomerados Costeiros às Alterações Climáticas e Gestão do Risco

PROGRAMA NACIONAL DA POLÍTICA DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PNPOT)

Este programa, de âmbito nacional, é o instrumento de topo do sistema de gestão territorial e tem como função a definição de objetivos e opções estratégicas de desenvolvimento territorial (DGT, 2018). Para este programa, a gestão do risco na zona costeira é uma dimensão fundamental a ser desenvolvida e admite, em cenário de alterações climáticas o potencial aumento da incidência e intensidade dos fenómenos de galgamento e erosão costeiras. É ainda referido que “ é fundamental uma forte atitude antecipativa dos problemas na zona costeira, no âmbito da qual deve ser efetiva a interiorização da adaptação às alterações climáticas nas suas diferentes vertentes, nomeadamente, a prevenção, a proteção, a acomodação e o recuo planeado de ocupações em áreas de risco elevado” (República Portuguesa, 2018).

PLANO REGIONAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DO CENTRO (PROTC)

Os programas regionais de ordenamento do território definem a estratégia de desenvolvimento territorial tendo em conta as orientações definidas a nível nacional pelo PNPOT e constituem o quadro de referência para a elaboração dos planos e programas de âmbito municipal (CCDRLVT, 2018). Este plano reconhece a elevada suscetibilidade e risco que se verifica em extensões consideráveis da zona costeira do Centro (CCDRCC, 2011). Este plano propõe que sejam avaliadas alternativas às intervenções pesadas de defesa costeira, com análise de custos e benefícios incluindo a reavaliação do ordenamento dos espaços públicos e das frentes urbanas, nomeadamente entre Esmoriz e a praia da Torreira, troço este onde está inserido o aglomerado urbano do Furadouro.

PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE (POC-OMG)

Em relação à estratégia de adaptação, o POC Ovar Marinha Grande evoca o princípio da prevenção e precaução, conferindo prioridade absoluta à adaptação aos fenómenos erosivos. É reconhecido que os riscos relativos aos avanços das águas do mar tenderão a agravar-se de modo incerto. No entanto, este Programa defende que deve ser dada prioridade à defesa dos aglomerados costeiros sem prejuízo de ser equacionada uma eventual retirada, relegando para segundo plano uma estratégia de adaptação que integre as 3 abordagens: defesa; acomodação e retirada planeada.

As prioridades a desenvolver no POC – OMG centram-se numa estratégia de adaptação que deve ser desenvolvida nas seguintes vertentes (APA, 2015):

- Política integrada que dê prioridade à reposição do balanço sedimentar nas diversas vertentes (bacias hidrográficas, áreas portuárias e política do mar);
- Contenção de usos e atividades que possam ampliar a exposição ao risco atual e futuro;
- Corresponsabilização, através de uma estratégia baseada no conhecimento e na participação das comunidades, por aglomerado e que integre a abordagem de defesa com a gestão de espaços urbanos em risco (ou seja a abordagem de acomodação), favorecendo a crescente resiliência dos sistemas;

Monitorização e partilha do conhecimento, favorecendo o surgimento de capacidades que permitam a antecipação e adaptação às alterações que forem sendo verificadas.

Considerando o risco costeiro, o POC-OMG cria Faixas de Salvaguarda (Nível I e Nível II) que têm em conta as características físicas do litoral, grau de vulnerabilidade e horizonte temporal da exposição. Para o território abrangido por estas faixas, este programa possui normas que condicionam e limitam o desenvolvimento urbanístico.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE OVAR (PDM OVAR)

Não é feita qualquer referência à adaptação de aglomerados costeiros ao efeito das alterações climáticas nem à gestão de riscos costeiros. Ainda assim, o PDM deverá integrar as orientações definidas pelo POC-OMG, de acordo com a LBOTSU (Lei de Bases Gerais da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo).

Em relação às estratégias de adaptação de aglomerados costeiros aos efeitos das alterações climáticas e gestão de risco costeiro, os instrumentos de gestão territorial, com exceção do PDM local, reconhecem a suscetibilidade e risco costeiro como um problema importante e ainda a necessidade de implementação deste tipo de estratégias.

2.7.2 Política de Gestão Sedimentos

PLANO NACIONAL DA ÁGUA

O sector energético constitui um dos objetivos estratégicos deste plano. No entanto a produção de energia hídrica através de aproveitamentos hidroelétricos acarreta os seguintes problemas (APA, 2015):

- Desregulação hidrológica;
- Artificialização dos regimes de caudais do rios;
- Segmentação de habitats;
- Criação de barreiras ao trânsito de sedimentos e erosão costeira associada
- Diminuição de cheias

O referido plano adianta, ainda, que os impactos negativos supra referidos foram acentuados com a liberalização do sector elétrico e a criação do mercado de energia elétrica que faz com que a gestão do aproveitamentos hidroelétricos obedeça cada vez mais e quase exclusivamente em função do lucro e que se afaste de qualquer lógica hidráulica e ambiental (APA, 2015).

PLANO DE GESTÃO DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA – REGIÃO HIDROGRÁFICA DO DOURO (RH3)

Tal como se depreende do Relatório do GTL na análise do balanço sedimentar, o Douro é o rio determinante para a estabilidade da célula da área de estudo em termos de balanço sedimentar. Nesta região hidrográfica, os aproveitamentos existentes nos afluentes do Douro e a extração de areias conduzem a menor afluência de sedimentos à foz e, por conseguinte, à costa Sul da sua embocadura. Com a construção das novas barragens nos rios Tâmega, Tua e Sabor, o transporte sólido no Douro tem tendência para diminuir, apesar destas novas barragens se situarem a montante de outras já existentes.

Para além do efeito de retenção de sedimentos, a regularização das linhas de água leva a uma regularização das velocidades de escoamento, resultante do efeito de atenuação de cheias, que deixa de ter energia para transportar sedimentos. Uma menor velocidade de escoamento, dificulta a chegada dos sedimentos ao mar e contribuem para a sua acumulação em locais pouco desejáveis do ponto de vista da eficiência hídrica. Nos troços terminais das bacias hidrográficas onde exista atividade portuária podem existir obras de proteção costeira, canais de navegação e bacias de manobra que requerem manutenção de cotas. Estas estruturas são relevantes para a política de gestão de sedimentos (APA, 2016)

PROGRAMA NACIONAL DA POLÍTICA DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PNPOT)

O PNPOT reforça a importância da existência de uma política sedimentar capaz de gerir de forma racional e integrada os sedimentos. De salientar a necessidade de uma estratégia de alimentação sedimentar costeira que inclua intervenções pontuais de elevada magnitude e baixa frequência com o objetivo de suprir mais rapidamente o défice sedimentar (República Portuguesa, 2018)

PLANO REGIONAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DO CENTRO (PROTC)

Sobre esta matéria, o PROTC apenas menciona medidas que se podem enquadrar numa política de gestão de sedimentos. Estas medidas prendem-se, essencialmente, com a utilização de sedimentos dragados na sequência da manutenção da navegabilidade em portos ou canais.

PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE (POC-OMG)

O POC-OMG identifica, como componente do modelo territorial, áreas estratégicas para gestão sedimentar. Correspondem a zonas com potencial manchas de empréstimo de sedimentos com características potencialmente adequadas à reposição do balanço sedimentar das praias do troço entre os concelhos de Ovar e Marinha Grande (APA, 2015).

Neste programa é admitido que o balanço sedimentar negativo favorece fenómenos de erosão costeira e conseqüente recuo de linha de costa. Nesta ótica, a gestão dos recursos sedimentares assume um papel primordial nas estratégias de intervenção cujo objetivo seja a mitigação da erosão costeira. São sugeridas seis recomendações inseridas neste âmbito (APA, 2015):

- Implementar uma política de gestão sedimentar integrada que tenda a assegurar a reposição do balanço sedimentar;

- Acautelar a salvaguarda de manchas de empréstimo de sedimentos na plataforma continental;
- Avaliar a compatibilidade das características sedimentares entre as manchas de empréstimo e os troços a alimentar;
- Avaliar, em articulação com as Administrações Portuárias, a existência de antigos depósitos de dragados adequados à alimentação artificial;
- Os procedimentos de licenciamento, nas áreas estratégicas para gestão sedimentar, devem ser precedidos de estudos que identifiquem a existência de áreas de sedimentos compatíveis com a reposição do balanço sedimentar;
- Avaliar a possibilidade da implementação de processos ou sistemas de transposição sedimentar nas barras portuárias de Aveiro e Figueira da Foz.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE OVAR (PDM OVAR)

Não é feita qualquer referência à política de gestão de sedimentos. No entanto, o PDM deverá integrar as orientações presentes no POC-OMG de acordo com a LBOTSU.

Em relação à política de sedimentos, os instrumentos de gestão territorial reconhecem a necessidade da sua implementação como ação fundamental para reduzir o risco de erosão, galgamento e inundação costeiros. No entanto, são pouco claros quanto à origem dos sedimentos que irão fazer parte das alimentações artificiais (com exceção do POC-OMG) nem procuram encontrar uma solução para restaurar o transporte sedimentar nas bacias hidrográficas.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta dissertação corresponde ao aglomerado urbano do Furadouro (figura 3.1). Localiza-se no concelho de Ovar, distrito de Aveiro, mais precisamente na União das Freguesias de Ovar, São João, Arada e São Vicente de Pereira Jusã. Embora sejam vários os aglomerados costeiros em risco, sejam em zonas baixas arenosas sejam em trechos de arriba (Ex: Pedra do Ouro, S. Pedro de Moel, Água de Madeiros, etc.) a escolha do Furadouro justifica-se pela existência crónica de galgamentos e inundações costeiras e pelo défice sedimentar na respetiva subcélula que, aliado aos efeitos das alterações climáticas, criam uma situação de sensibilidade crescente e que, como tal, carece de uma intervenção estruturada e integrada urgente e que conviria que já estivesse em curso.. Deste modo, faz todo o sentido iniciar processos de adaptação costeira que tenham em conta os riscos instalados e os que se perspetivam em cenários de alterações climáticas. Neste capítulo procede-se a uma caracterização da área de estudo através da análise de 15 fatores (subcapítulos) que se consideram ser essenciais para caracterizar a área de estudo e mais do que isso, compreender a génese do problema.

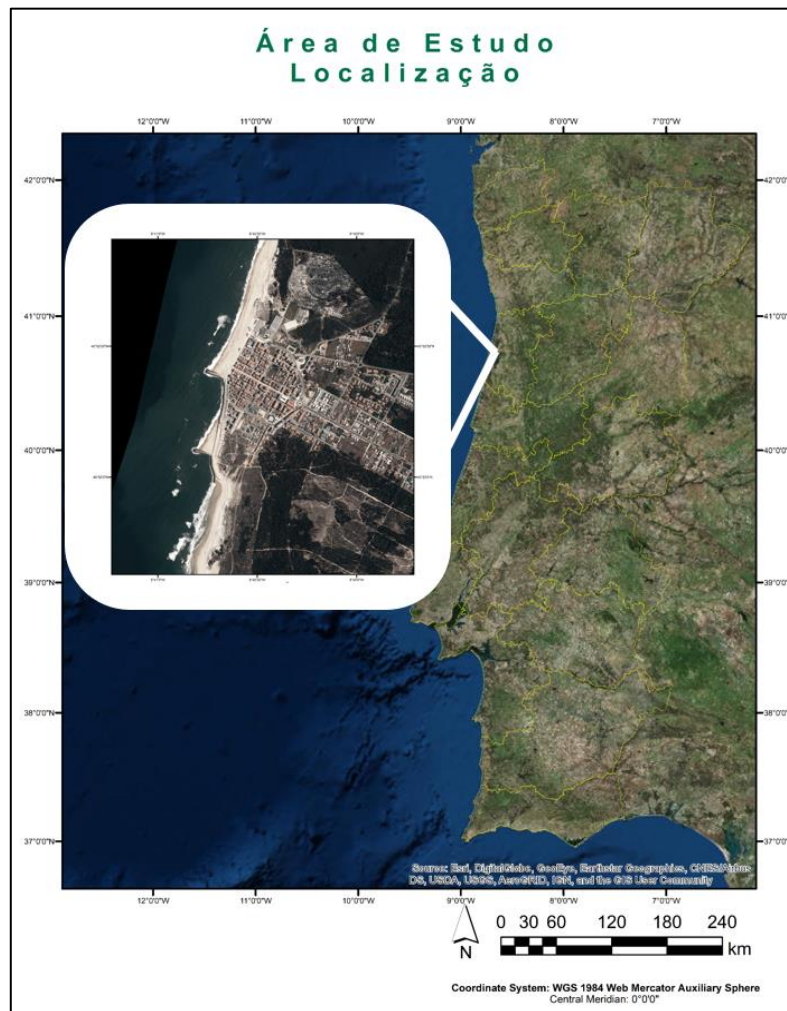


Figura 3.1 Enquadramento espacial da área de estudo. Fonte dos dados base: ESRI.

3.1 METODOLOGIA

Para caracterizar a área de estudo procedeu-se à elaboração de mapas para os seguintes subcapítulos:

- Análise Litológica;
- Altimetria;
- Declives;
- Exposição de vertentes;
- Coberto Vegetal;
- Evolução da Linha de Costa;
- Uso do Solo;
- Edificado;
- Ordenamento do Território;
- Exposição, Vulnerabilidade e Risco;
- Obras Costeiras;
- Ocorrências.

Para a obtenção dos mapas recorreu-se ao software ArcGis da ESRI e foi necessária a utilização de serviços WMS disponíveis em <http://www.igeo.pt/> e em <http://siarldev.apambiente.pt>. Em certos mapas recorreu-se a fotografia, também disponível no SIARL, para retirar algumas variáveis, como a sejam o limite do leito do mar e edificações e infraestruturas, que foram registados através da elaboração de *shapefiles*. Em alguns mapas optou-se por tornar os *layers* com 50% de transparência para facilitar a análise espacial dos mesmos.

Nas cartas da evolução da linha de costa, altimetria, declives e exposição de vertentes foi necessário completar a informação existente com a utilização dedicada de veículo aéreo não tripulado (VANT) previamente carregado com os planos de voo. Estes planos foram elaborados através do *software open source Mission Planner*. Durante o voo, o VANT capta um número variável de fotografias georreferenciadas que depende da extensão do voo. Estas fotografias podem ser transformadas em ortofotomapa, modelo digital terrestre (MDT) e modelo digital de superfície (MDS) com recurso ao software Pix4Dmapper da Pix4D. Para editar os MDT e MDS utilizou-se o ArcMap. Este tipo de dados obtidos por VANT são essenciais para implementar estratégias de adaptação costeira (Nunes, 2017). Em relação às ocorrências, pesquisou-se por notícias, fotografias e vídeos que atestem a existência de galgamento e inundação e cruzou-se as datas destes documentos com parâmetros associados à ondulação, vento e marés disponibilizados pelo WINDGURU e pelo Instituto Hidrográfico. Já a informação sobre as obras de defesa costeira está disponível no SIARL. Para a elaboração dos mapas de exposição, vulnerabilidade e risco desenvolveu-se uma metodologia com base nas metodologias de Cardona (2015) e Ferreira (2016) sendo que a escolha e ponderação de critérios sofreu alterações de forma a adaptar a metodologia às características particulares da área de estudo.

3.2 ANÁLISE LITOLÓGICA

A litologia é um aspeto relevante para os estudos de vulnerabilidade e risco territorial dado que constitui um forte condicionalismo sobre temas como o tipo de solos, morfologia, permeabilidade e erodibilidade, assim como, de forma indireta, sobre os ecossistemas (Ferreira, 2016).

A área de estudo situa-se na extremidade Norte da Bacia Lusitânica. Com cerca de 5000 metros de espessura máxima, esta bacia estende-se por cerca de 200 km NNW-SSE e 100 km E-W, com cerca de 2/3 aflorando na área continental emersa, estando a restante área imersa na plataforma continental

(Pereira *et al.*, 2014). A Bacia Lusitânica é uma bacia mesozoica relativamente pouco deformada e corresponde a 7% do território de Portugal Continental, encontrando-se coberta por sedimentos cenozoicos não ou pouco consolidados que constituem Planícies Costeiras englobadas nas Bacias Cenozoicas (Pereira *et al.*, 2014).

As Planícies Costeiras são caracterizadas pelo seu relevo uniforme que resulta de uma cobertura sedimentar predominantemente arenosa. Na área de estudo e restante região de Aveiro, a Planície Costeira revela um padrão ondulado devido à ocorrência de sistemas dunares. (Pereira *et al.*, 2014). A figura 3.2 representa o mapa com as unidades geológicas observadas na área de estudo. De verificar a ocorrência, em toda a área, de unidades geológicas compostas por sedimentos arenosos não consolidados, característica das Planícies Costeiras.

Tendo em conta o âmbito desta dissertação, importa avaliar a permeabilidade e erodibilidade das unidades geológicas identificadas. As dunas e areias de praia apresentam um grau de permeabilidade elevado e erodibilidade muito elevado (Ferreira, 2016).

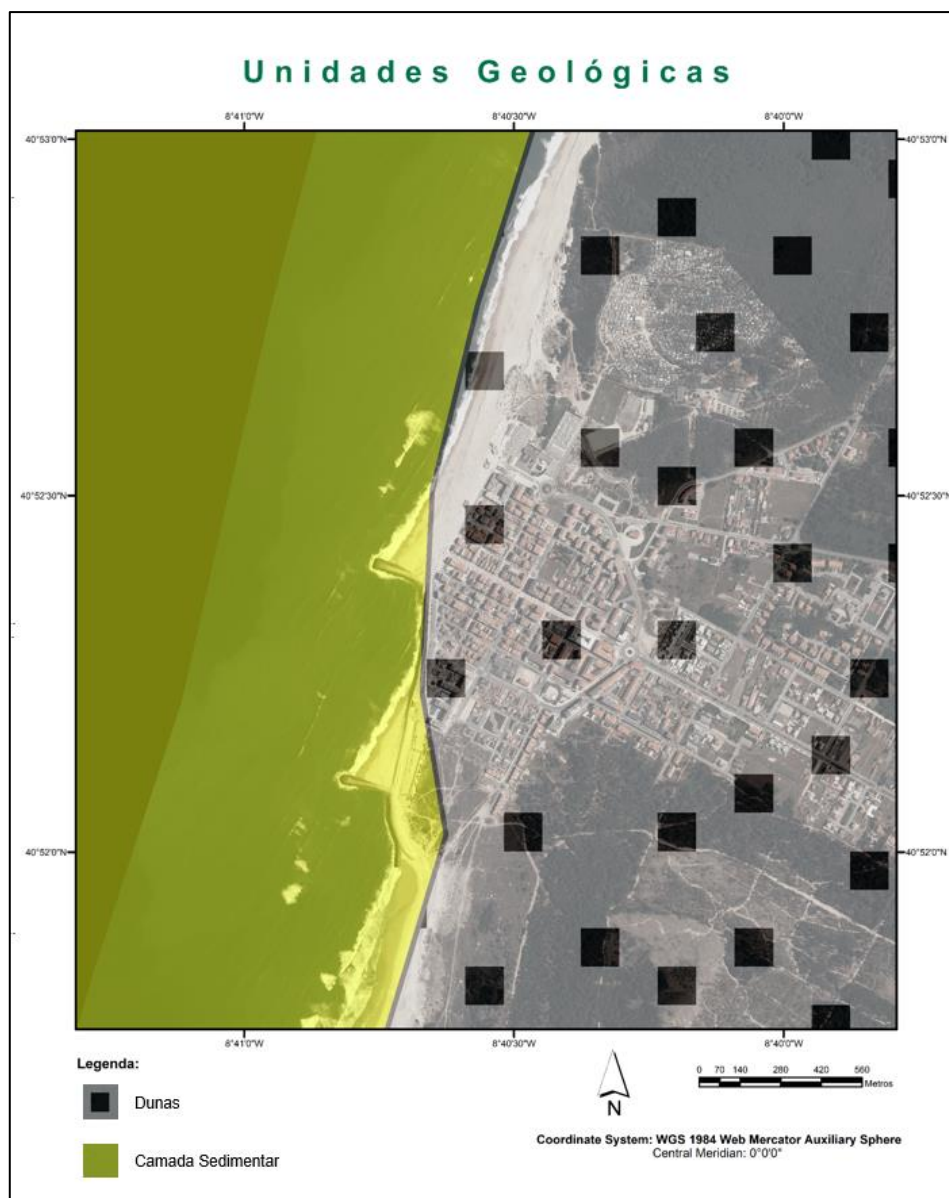


Figura 3.2 - Mapa com as unidades geológicas que ocorrem na área de estudo. Fonte dos dados base: DGT, 2018.

3.3 ALTIMETRIA E AS FRAGILIDADES GERADAS

Como o Furadouro está inserido num contexto de litoral baixo arenoso, não é expectável que se verifiquem grandes variações de altimetria, sendo que os valores mais altos deverão corresponder a cotas criadas pelo sistema dunar. A carta da figura 3.3 representa a altimetria do território da área de estudo obtida através de um MDT. Importa referir que a cota varia entre os 0 e os 12 metros e que as cotas mais altas se situam, maioritariamente, junto à linha de costa. Verificam-se cotas mais baixas no centro do aglomerado urbano e a Sul do mesmo e que é a consequência da sua génese.

O aglomerado urbano apresenta cotas mais altas na frente marítima e mais baixas no centro em virtude de as construções terem sido instaladas sem grandes alterações da topografia tradicional dum sistema dunar que apresenta cotas mais altas na duna primária (frontal) e secundária e cotas mais baixas entre elas e que geralmente estão a cotas muito semelhantes às da praia contígua.

A Norte do aglomerado o sistema costeiro apresenta cotas geralmente mais altas em virtude da existência de uma antiga arte xávega que desestabilizou a duna frontal (primária) e permitiu a sua rápida mobilização eólica para o interior e consequente preenchimento da depressão que antecederia a duna secundária. Já a Sul deste aglomerado, o sistema apresenta cotas muito mais baixas precisamente porque, como a duna frontal estava estabilizada com a vegetação dunar tradicional e a erosão marítima foi mais rápida que a natural mobilização do sistema dunar, houve a total erosão da duna frontal por ação do mar sem que houvesse mobilização eólica de sedimentos para o interior e preencher a depressão entre a duna primária e secundária e que justifica as atuais baixas cotas.

Face a esta situação, o aglomerado do Furadouro apresenta grande fragilidade a galgamentos marítimos repentinos por duas vias. Pelo seu lado Sul em virtude das baixas cotas aí registadas e na zona central por a defesa frontal tender a aumentar a profundidade da praia submersa que lhe é contígua, o que é gerador de crescentes vagas cada vez maiores junto à obra e consequente aumento do risco de galgamento. Tal significa que, quando se verificam galgamentos da obra aderente, a água do mar tem potencial para progredir até ao centro do aglomerado podendo causar inundação repentina se não houver um correto escoamento da massa de água.

Embora a Norte o risco de galgamentos repentinos seja menor, tal não significa que por aqui não possam também existir problemas. Com efeito como a alimentação sedimentar de Norte/barlamar é muito diminuta, este pequeno trecho está também em permanente erosão e que, se não for estancado com alimentação artificial ou obras pesada (foi o que já se verificou) o mar tende a entrar e a invadir algumas bolsas de baixas cotas e ameaçar as ocupações aí existentes como é designadamente o parque de campismo.

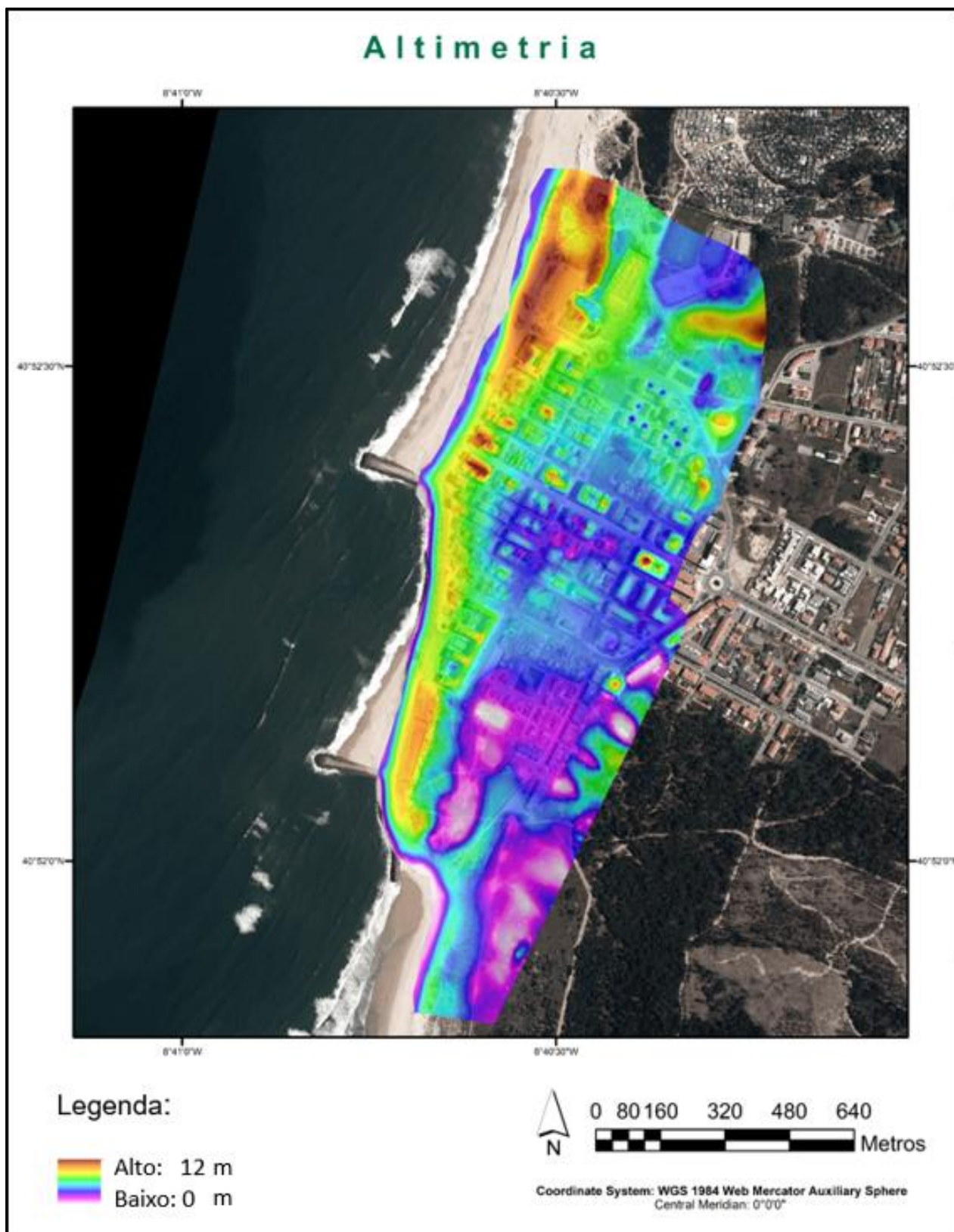


Figura 3.3 Altimetria na área de estudo, produzido com recurso a VANT. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.

3.4 DECLIVES

O contexto geomorfológico em que está inserida a área de estudo não permite a existência de declives muito elevados, ou seja, a área de estudo é composta por declives suaves típicos dos sistemas dunares. Ainda assim, é possível identificar (figura 3.4) as dunas mais desenvolvidas, que têm um declive relativamente elevado. A obra de defesa aderente é facilmente perceptível através da carta de declives dado que possui valores entre os 25 e 100%. O declive com valores de 15 a 25% existente a Sul da obra aderente corresponde a uma alimentação artificial de sedimentos efetuada no sistema dunar em desequilíbrio.



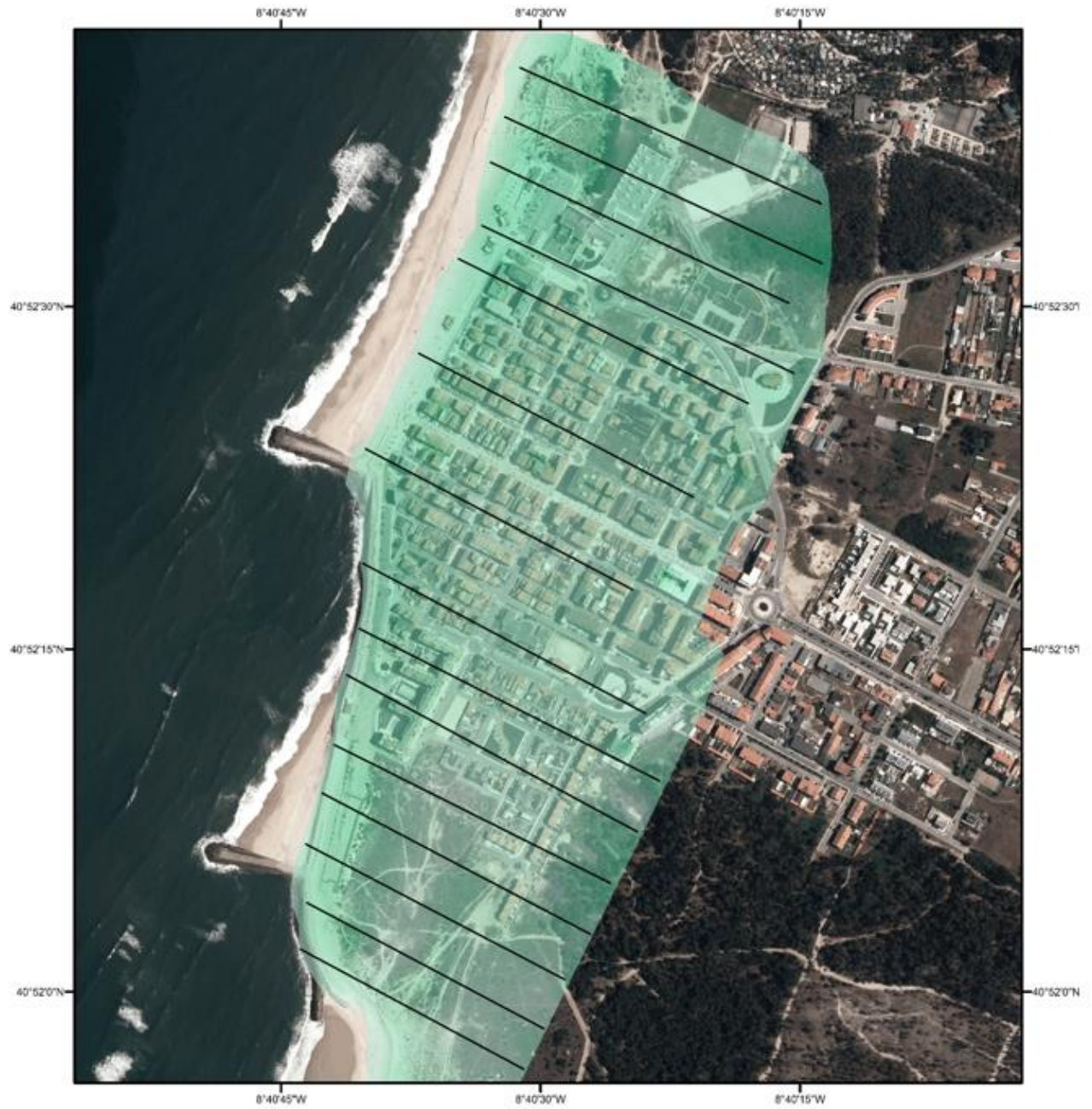
Figura 3.4 Declives na área de estudo, produzido com recurso a VANT. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.

3.5 PERFIS ALTIMÉTRICOS

Para a obtenção dos perfis altimétricos recorreu-se ao MDT e MDS da área de estudo obtidos através de levantamento com VANT efetuado em Julho de 2018. Os diferentes perfis estão no Anexo 2 e Anexo 3. As duas cartas seguintes (figura 3.5 e 3.6) correspondem à distribuição espacial dos perfis de terreno e de superfície respetivamente e a sua numeração foi feita de Norte para Sul. Para traçar os perfis não se utilizou um critério de espaçamento pré-definido em cada um. Em zonas mais relevantes, a distância entre perfis é menor e em zonas com menor interesse o espaçamento aumenta. Sendo que a relevância, ou não, de uma zona varia consoante o tipo de modelo (de terreno ou de superfície). Neste sentido, para o MDT privilegiou-se zonas sem edificado enquanto que para o MDS aconteceu o contrário. De referir que os perfis foram traçados da esquerda para a direita, ou seja, do litoral para o interior.

Observando os perfis de terreno, verifica-se (à semelhança da carta de altimetria), que no geral, existe uma diminuição da cota à medida de se avança para o interior. Em alguns perfis, é possível identificar depressões no gráfico que correspondem a zonas baixas que poderão ser usadas como bacias de retenção. Em relação aos perfis de superfície, constata-se que, para além da diminuição de cota que se verifica ao longo do perfil, é possível observar o edificado do Furadouro, com ocorrência de prédios com 3 ou 4 andares, muita das vezes intercalada por habitações térreas ou de 1 ou 2 pisos. O que permite induzir que a densidade populacional não diminui à medida que nos aproximamos da linha de costa.

Perfis de Terreno



Legenda:

— Perfil



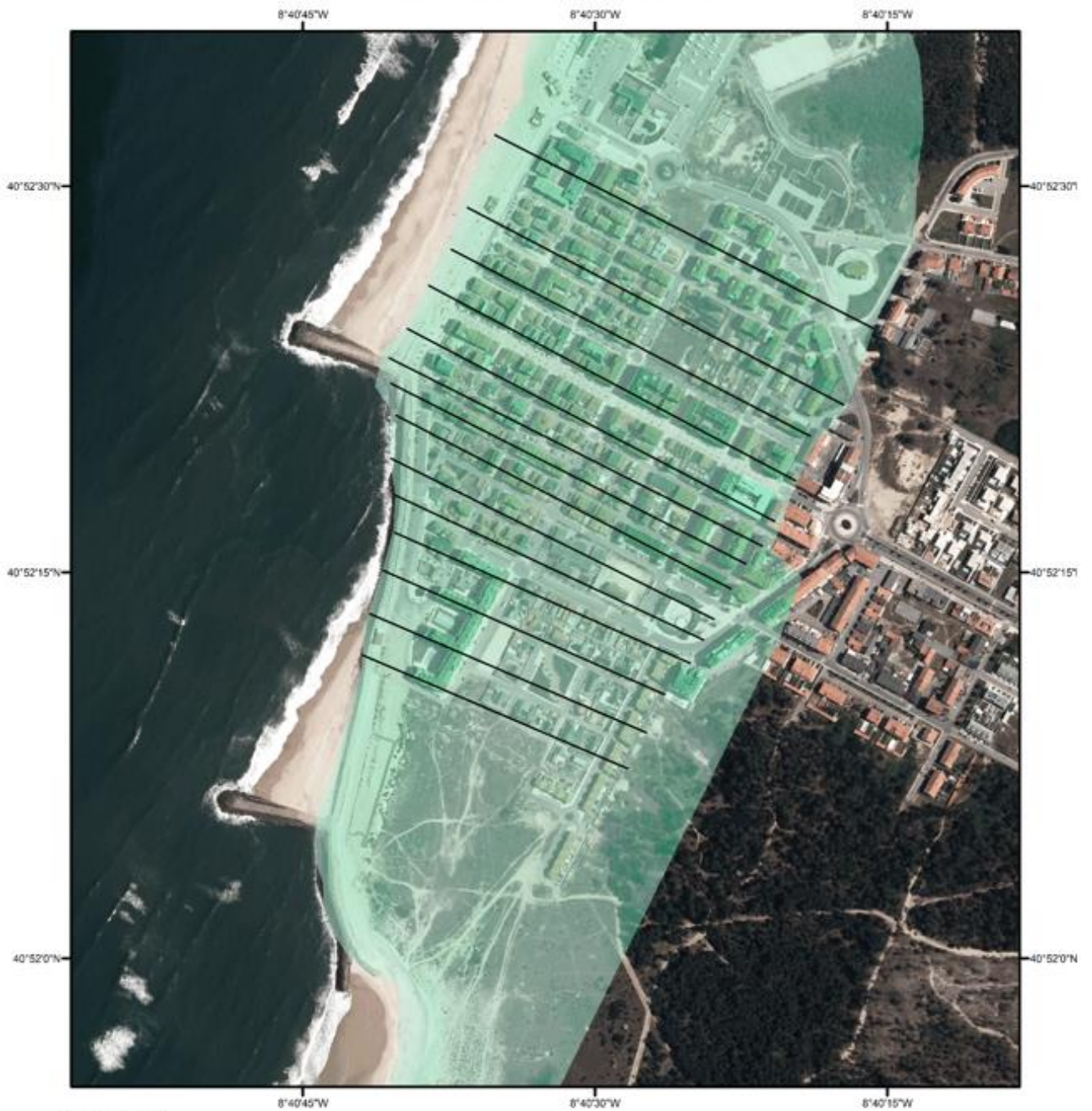
0 65 130 260 390 520

Metros

Coordinate System: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
Central Meridian: 0°0'0"

Figura 3.5 Distribuição espacial dos perfis de terreno, produzido com recurso a VANT. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.

Perfis de Superfície



Legenda:

— Perfil



Coordinate System: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
Central Meridian: 0°0'0"

Figura 3.6 Distribuição espacial dos perfis de superfície, produzido com recurso a VANT. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.

3.6 COBERTO VEGETAL

É importante analisar o coberto vegetal das áreas adjacentes ao aglomerado urbano do Furadouro uma vez que a ocorrência de sistemas dunares depende da existência de vegetação. As espécies autóctones destes ecossistemas, como é o caso da *Ammophila arenaria*, retêm sedimentos finos transportados pelo vento (se existir fornecimento sedimentar) o que se traduz num aumento de cotas (Feagin *et al.*, 2015). A vegetação dunar pode adicionar matéria orgânica ao solo e aumentar o conteúdo deste em argila através da retenção de sedimentos inorgânicos finos. Estes dois processos contribuem para reduzir a erosão a longo prazo dado que aumentam a coesão de partículas (Wischmeier e Smith, 1978; Feagin *et al.*, 2009 *fide* Feagin *et al.*, 2015), isto para troços em equilíbrio sedimentar, pois em situação de desequilíbrio o coberto vegetal não impede a perda de território.

O Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) permite a perceção das zonas onde existe mais coberto vegetal através da atividade fotossintética da vegetação. A vegetação com maior atividade fotossintética assume valores próximos de 1 enquanto que superfícies sem coberto vegetal assumem valores entre -1 e 0. Este índice é calculado através da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Em que:

NDVI= Índice de Vegetação Normalizado;

RED= Radiação Visível Vermelha;

NIR= Radiação Infravermelha Próxima.

O índice de Vegetação Normalizado da área de estudo e áreas adjacentes encontra-se na figura 3.8. Desta imagem importa reter que a zona costeira a Norte do Furadouro apresenta valores de NDVI mais próximos de 1 que a zona costeira a sul, o que significa que o coberto vegetal é mais denso a Norte do que a Sul.

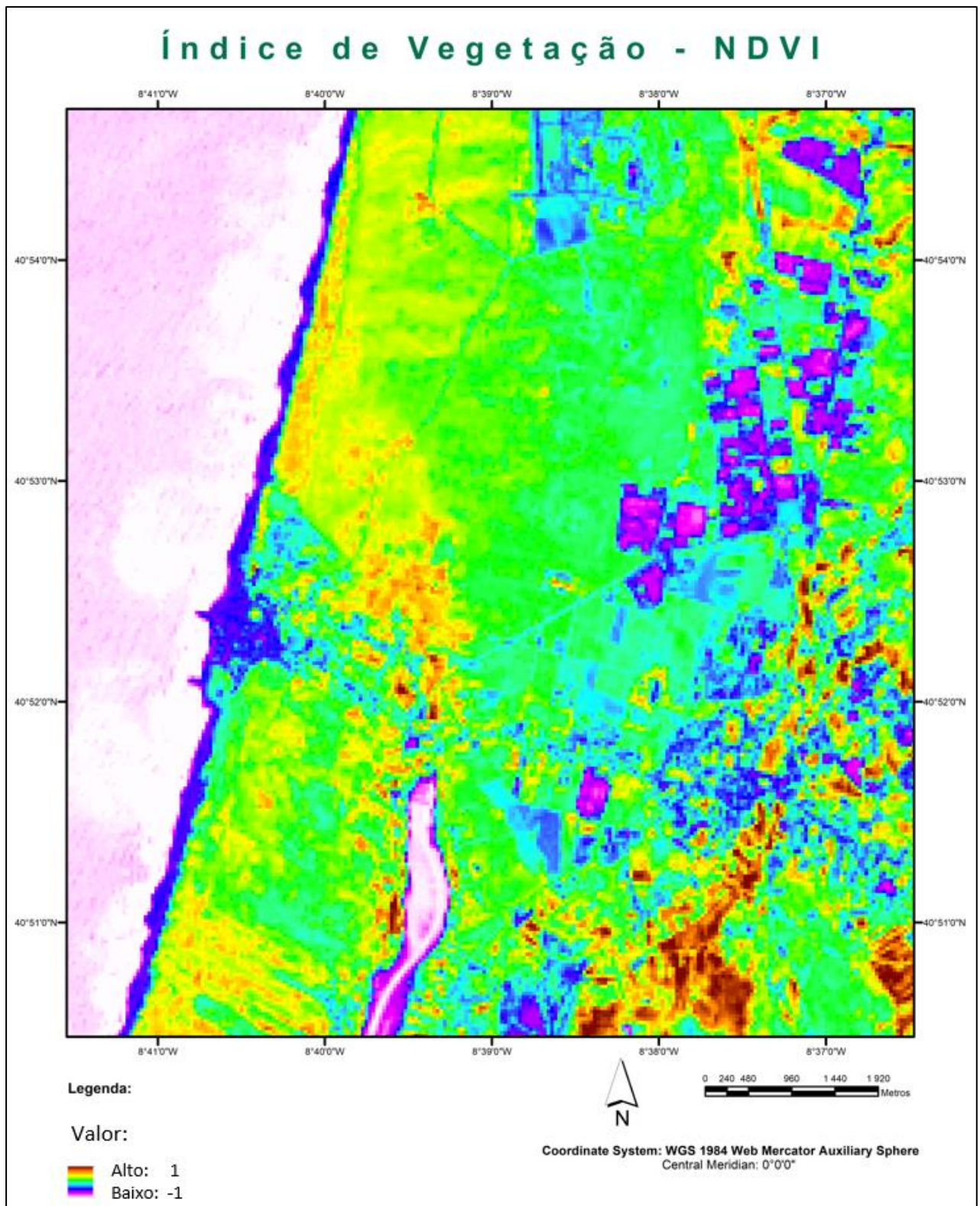


Figura 3.7 NDVI da área de estudo e áreas adjacentes. Fonte dos dados base: <https://glovis.usgs.gov/>.

3.7 DERIVA LITORAL E BALANÇO SEDIMENTAR

O aglomerado urbano do Furadouro situa-se na subcélula sedimentar 1b (figura 3.8). Neste sistema o transporte sedimentar é feito de Norte para Sul. A Sul da Foz do Rio Douro, o défice sedimentar é extremamente elevado devido á redução do transporte sedimentar na fronteira Norte da subcélula e do fornecimento sedimentar da Bacia Hidrográfica do Douro (GTL, 2014). Como resultado verifica-se erosão em toda esta subcélula, mas particularmente no troço entre Espinho e a Torreira, que está a contribuir com $8 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ para neutralizar o balanço sedimentar, traduzindo-se num acentuado recuo da linha de costa.

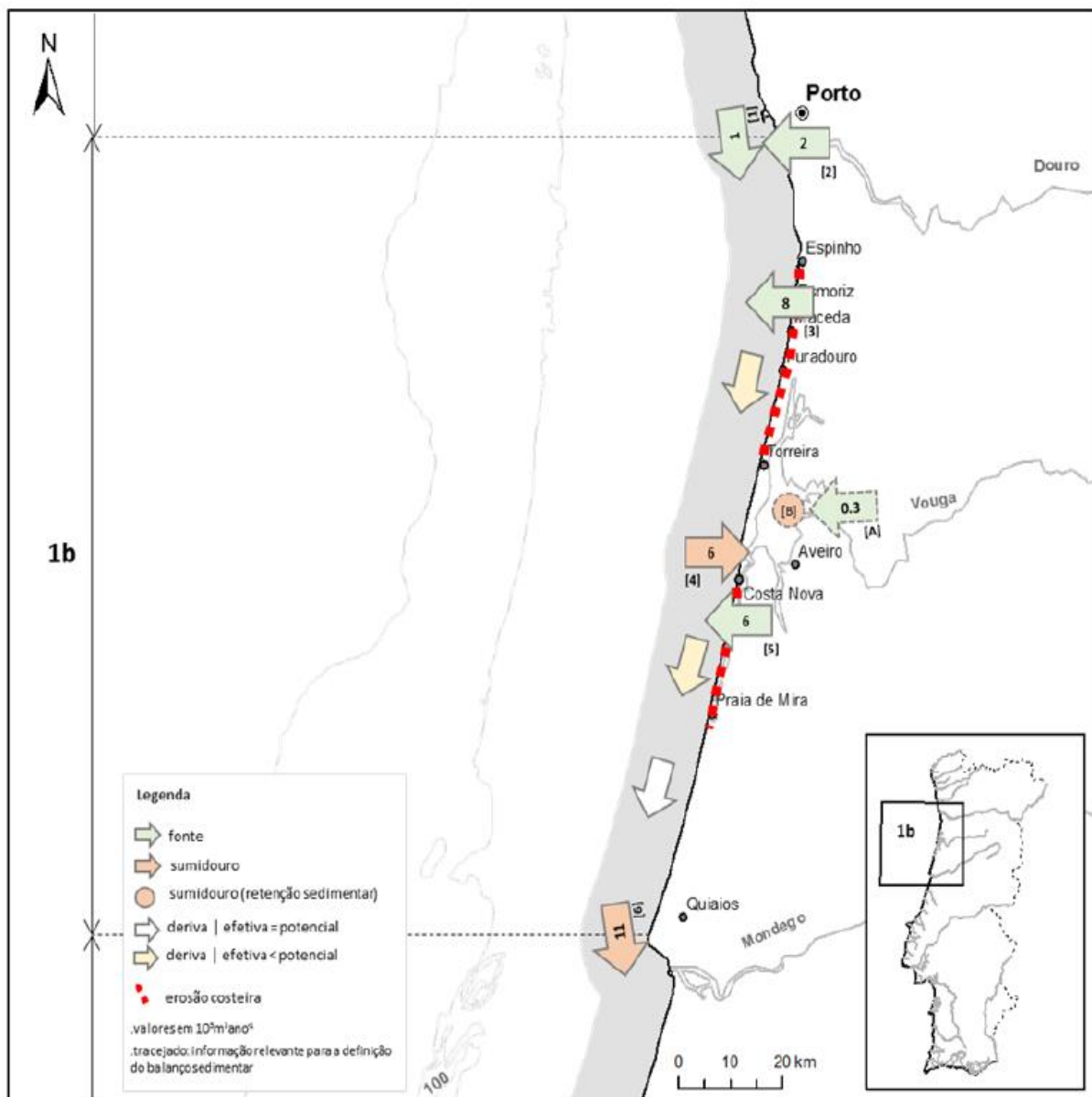


Figura 3.8 Balanço sedimentar da subcélula 1b, onde se encontra a área de estudo. Fonte GTL, 2014.

3.8 EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

Na figura 3.11 estão representadas as linhas limite do leito do mar de 1974, 1996, 2015 e 2018. Importa referir que, na frente urbana, a linha manteve-se na mesma posição devido à existência da obra longitudinal aderente. Já a Norte e especialmente a Sul (figura 3.10), verificou-se um recuo muito significativo da linha de costa.

Outro aspeto relevante é a “forma” das linhas. A Norte do aglomerado, junto da área florestal (extremo Norte da imagem), apesar de se verificar um recuo da linha de costa, as linhas são mais uniformes em relação às linhas a Sul e imediatamente a Norte do aglomerado. Isto deve-se ao facto de a vegetação fixar os sedimentos, que não impedindo o recuo da linha de costa, acaba por gerar um recuo uniforme, enquanto que a Sul onde a vegetação está menos consolidada, o recuo faz-se de forma mais heterogénea, como é possível observar na figura 3.9.



Figura 3.9 Troços costeiros em desequilíbrio sedimentar: a) Floresta das Dunas de Ovar a Norte do Furadouro. Fonte: SIARL, 2018; Sistema dunar com vegetação pouco consolidada a Sul do Furadouro. Fonte: SIARL, 2018.

As linhas de costa aqui apresentadas foram traçadas com recurso ao software ArcMap através da visualização de fotografias aéreas (1974 e 1996), ortofotografia aérea (2015 e 2018), corretamente georreferenciadas. Para a demarcação da linha de costa usou-se o critério da LPMAVE. Esta linha é traçada na primeira linha de vegetação das dunas (APA I.P., 2012).



Figura 3.10 Recuo da linha de costa a Sul da obra longitudinal aderente do Furadouro. Fonte: SIARL, 2018.

Varição da Linha de Costa

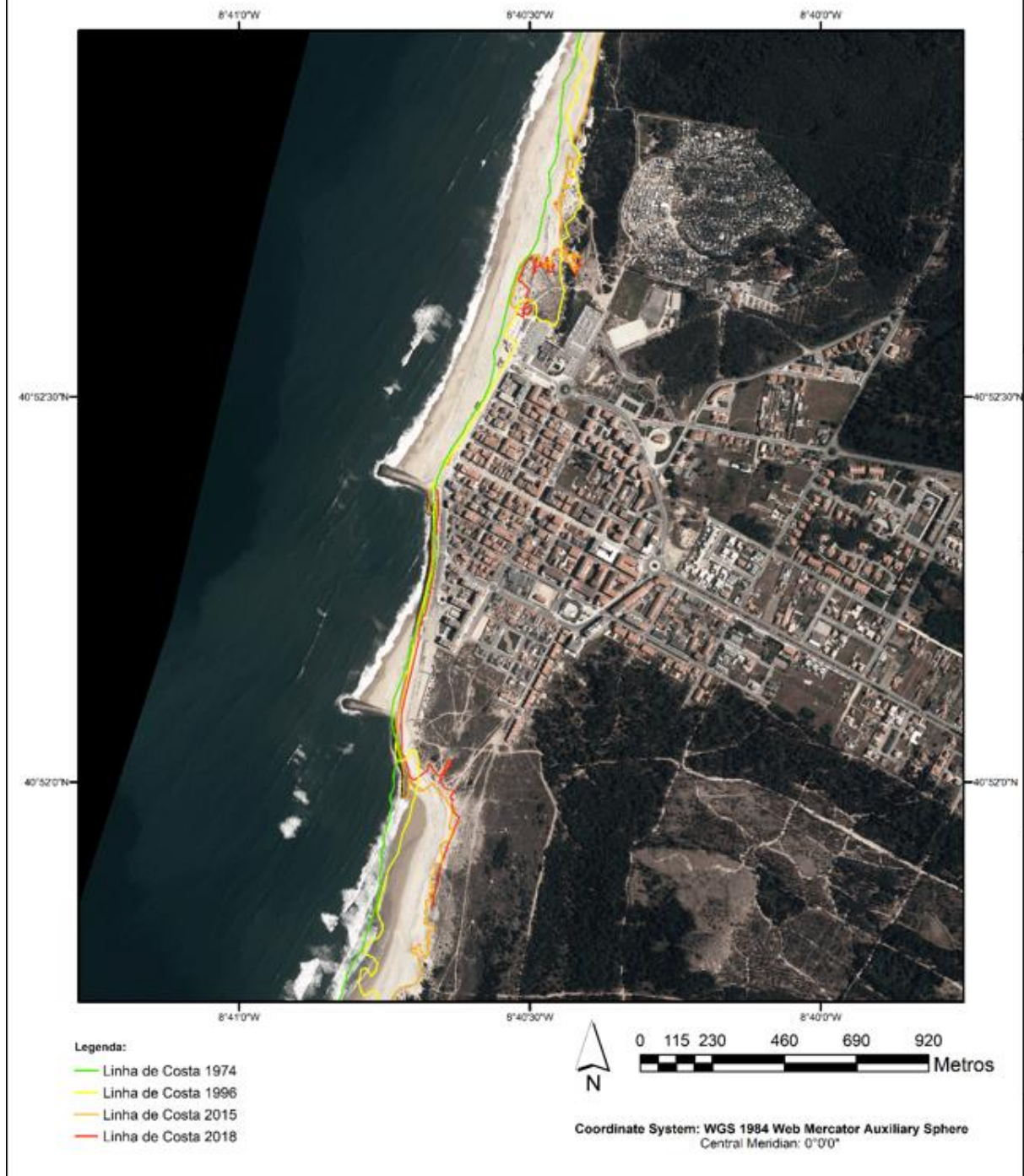


Figura 3.11 Varição da Linha de Costa na área de estudo e áreas adjacentes. Fonte dos dados base: Ortofotomapas de 1974 e 1996 – SIARL; Ortofotomapas de 2015 e 2016 – APA I.P., Ortofotograma de 2018 com base em levantamento com VANT.

3.9 USO DO SOLO

As alterações dos usos do solo são um dos fatores mais significativos, em termos ambientais, das zonas costeiras (Lo e Gunasiri, 2014) e permitem evidenciar os tipos de usos dominantes e a sua evolução espacial, assim como os tipos de pressão sobre determinados territórios (Ferreira, 2016). Seguidamente são apresentadas as cartas de ocupação e uso do solo de 1974 e 2015, figuras 3.12 e 3.13 respetivamente. De notar que em 1974 grande parte da área do aglomerado do Furadouro já estava ocupada com tecido urbano atual, ainda que de forma descontínua nas zonas periféricas. Verificou-se o crescimento do aglomerado no sentido do interior. De salientar ainda a redução da área ocupada por vegetação herbácea a Sul do Furadouro devido á perda de território.

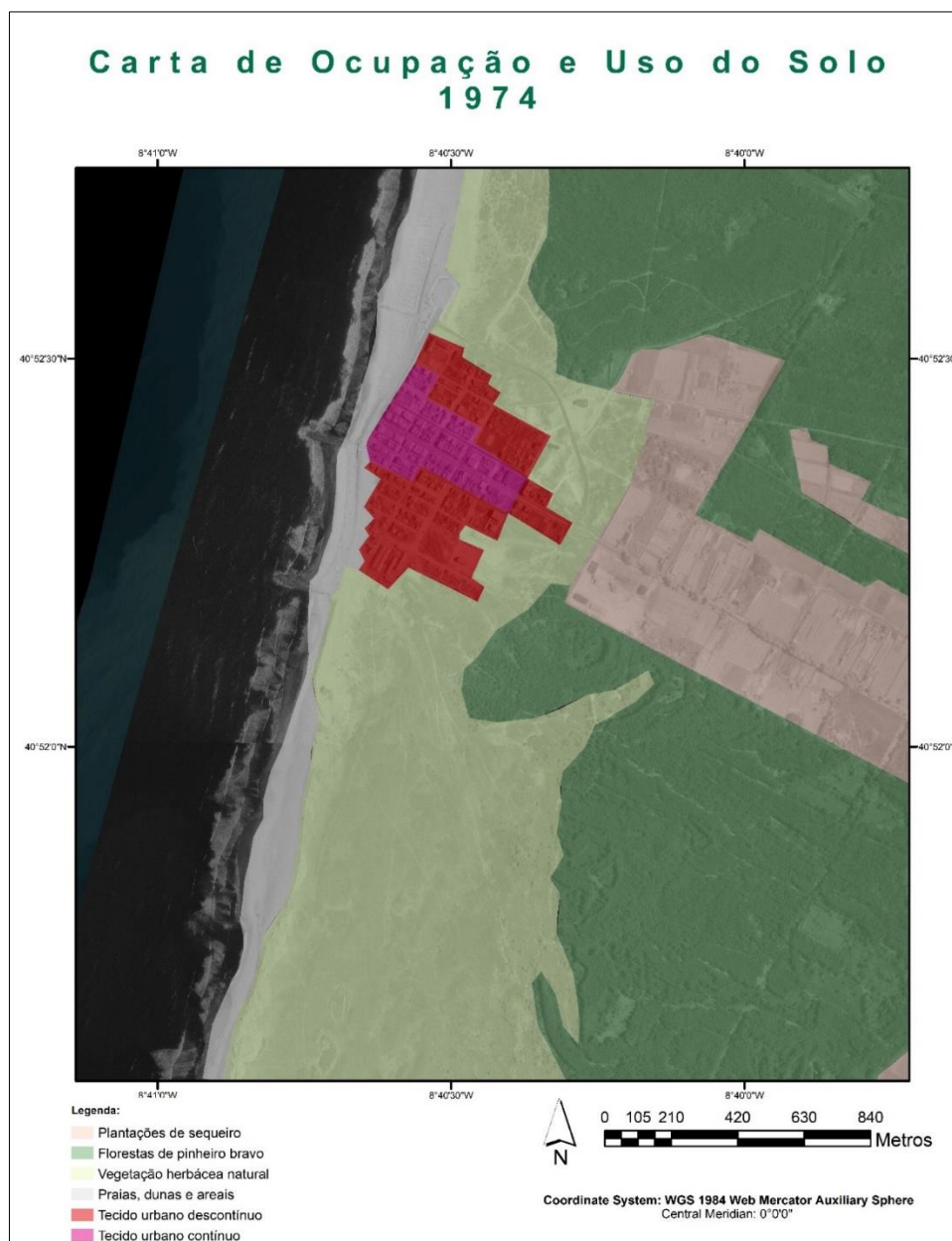


Figura 3.12 Carta de Ocupação e Uso do Solo na área de estudo e adjacentes. Fonte dos dados base: SIARL, 2018.

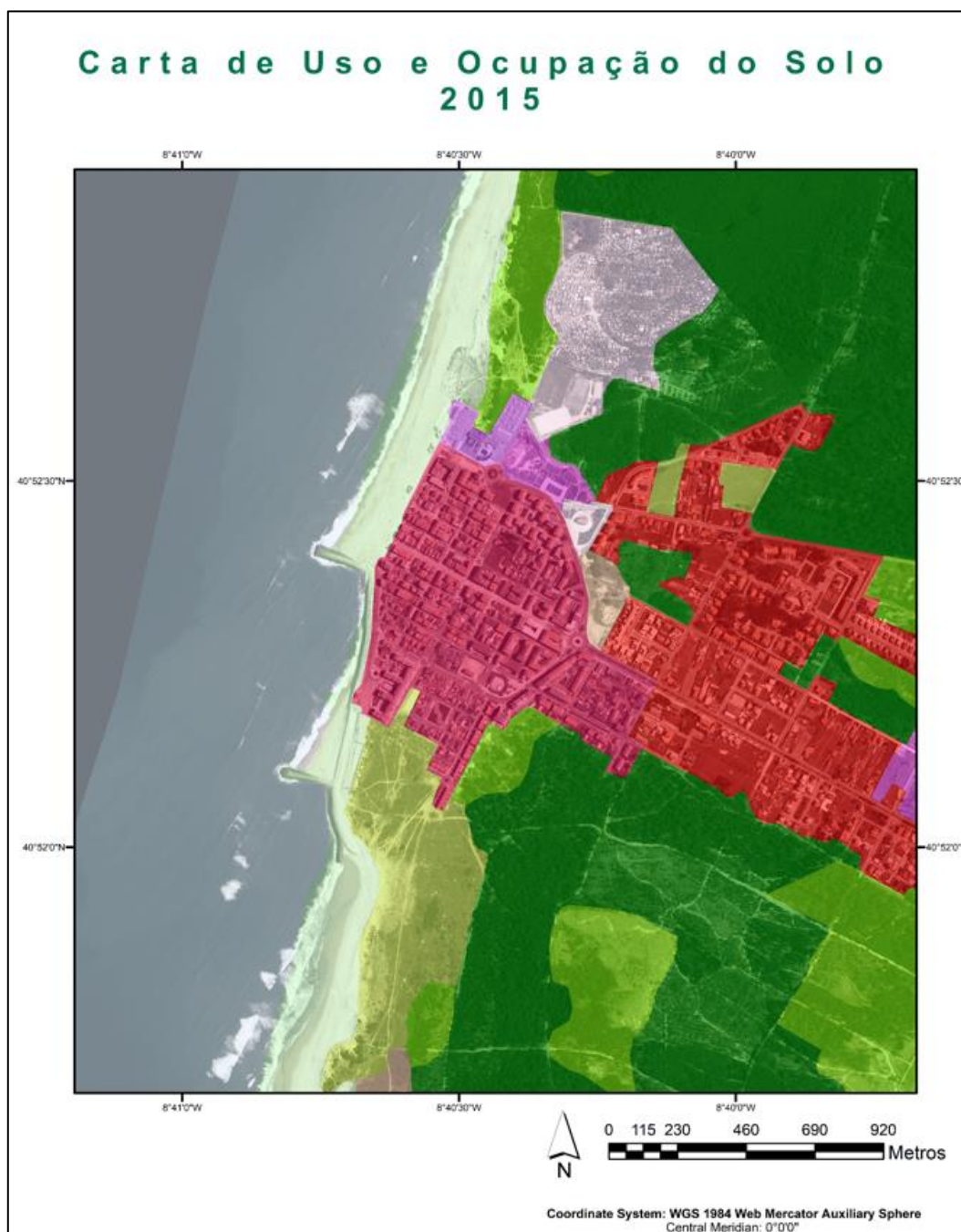


Figura 3.13 Carta de Ocupação e Uso do Solo em 2015 da área de estudo e áreas adjacentes. Fonte dos dados base: DGT, 2018.

Legenda:

- | | |
|--|---|
| ■ 1.1.1.00.0-Tecido urbano contínuo | ■ 3.3.0.00.0-Espacos descobertos ou com pouca vegetação |
| ■ 1.1.2.00.0-Tecido urbano descontínuo | ■ 3.1.1.00.8-Florestas de espécies invasoras |
| ■ 1.2.1.00.0-Indústria comércio e equipamentos gerais | ■ 3.1.2.00.1-Florestas de pinheiro bravo |
| ■ 1.3.3.00.0-Áreas em construção | ■ 3.2.1.01.1-Vegetação herbácea natural |
| ■ 1.4.2.03.0-Equipamentos culturais e outros e zonas históricas | ■ 3.2.2.00.0-Matos |
| ■ 5.2.3.01.1-Oceano | |

3.10 POPULAÇÃO

À data da realização dos Censos 2011, o aglomerado urbano do Furadouro era composto por 1757 residentes que constituíam 431 núcleos familiares. Do número de residentes, 753 eram do sexo feminino, 115 eram idosos e 216 eram menores (Fonte: INE).

3.11 EDIFICADO

O edificado no Furadouro apresenta alguma heterogeneidade. Observam-se casas térreas com décadas de construção intercaladas por prédios recentes de média densidade refletindo o crescimento urbano tradicional desta época, anterior às regras urbanísticas que surgiram na década de 90 com a publicação do Decreto-Lei 302/90 de 26 de Setembro e o surgimento da legislação que institui a Reserva Ecológica Nacional (Decreto-Lei 93/90, de 19 de Março). Assim, até aos anos 60-70, este tipo de aglomerados eram constituídos predominantemente por moradias de r/c e primeiro piso e, praticamente só a partir da década de 70, é que começaram a surgir construções mais altas que foram preenchendo os vazios ou por reconstrução sobre os antigos edifícios e sem qualquer preocupação urbanística. No extremo SW do aglomerado surge um conjunto novo de edifícios de raiz e que corresponde a um loteamento que surge na década de 90, precisamente no período de transição ao surgimento da legislação urbana mais restritiva dos anos 90 já que a sua localização viola os princípios estabelecidos nesses diplomas (novos edifícios na frente de mar em zona de elevado risco e que não respeitam o desenvolvimento em cunha seja em planta seja em altura) e que hoje em dia ainda se mantém face à defesa frontal aí existente e que é paga à custa do erário público. Neste sentido, é possível constatar, através da análise da figura 3.15, que não existem zonas específicas para densidades baixas ou médias (com exceção do extremo Sudeste que apenas possui edifícios de baixa densidade). Neste aglomerado é possível encontrar edifícios de média densidade muito perto da linha de costa, figura 3.14.

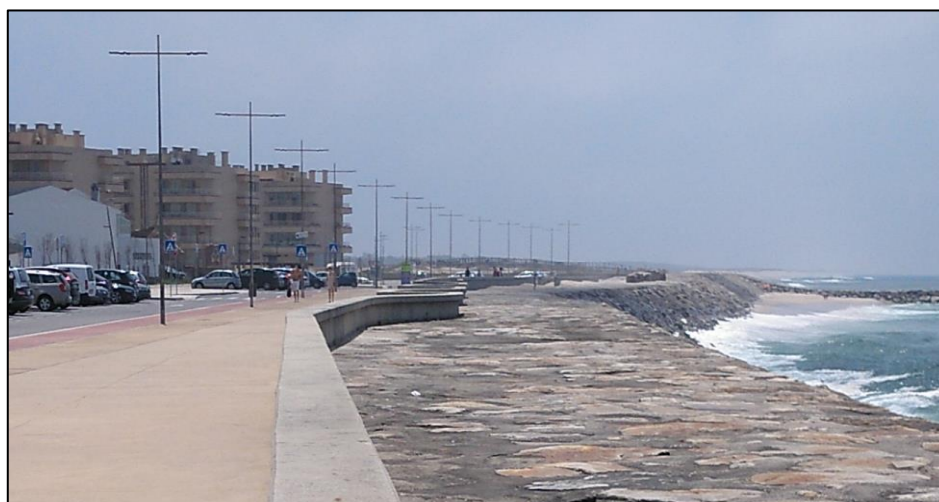


Figura 3.14 Frente urbana, parte Sul, onde se vê o contraste entre construções mais antigas e mais baixas em primeiro plano com o loteamento que surgiu no extremo SW. Fonte: Autor, 2018

A figura 3.16 permite analisar onde se situam os equipamentos e o comércio no aglomerado. De salientar que o comércio se desenvolve ao longo a avenida pedonal perpendicular à linha de costa e não na frente marítima. Esta avaliação do edificado é fundamental na abordagem de retirada na estratégia de adaptação para que se saiba o tipo de edifícios alvo desta abordagem. Na tabela 3.1 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto – Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, incumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro.



Figura 3.15 Densidade urbana do Furadouro. Fonte: dos dados base APA I.P., 2018.

Tecido Urbano

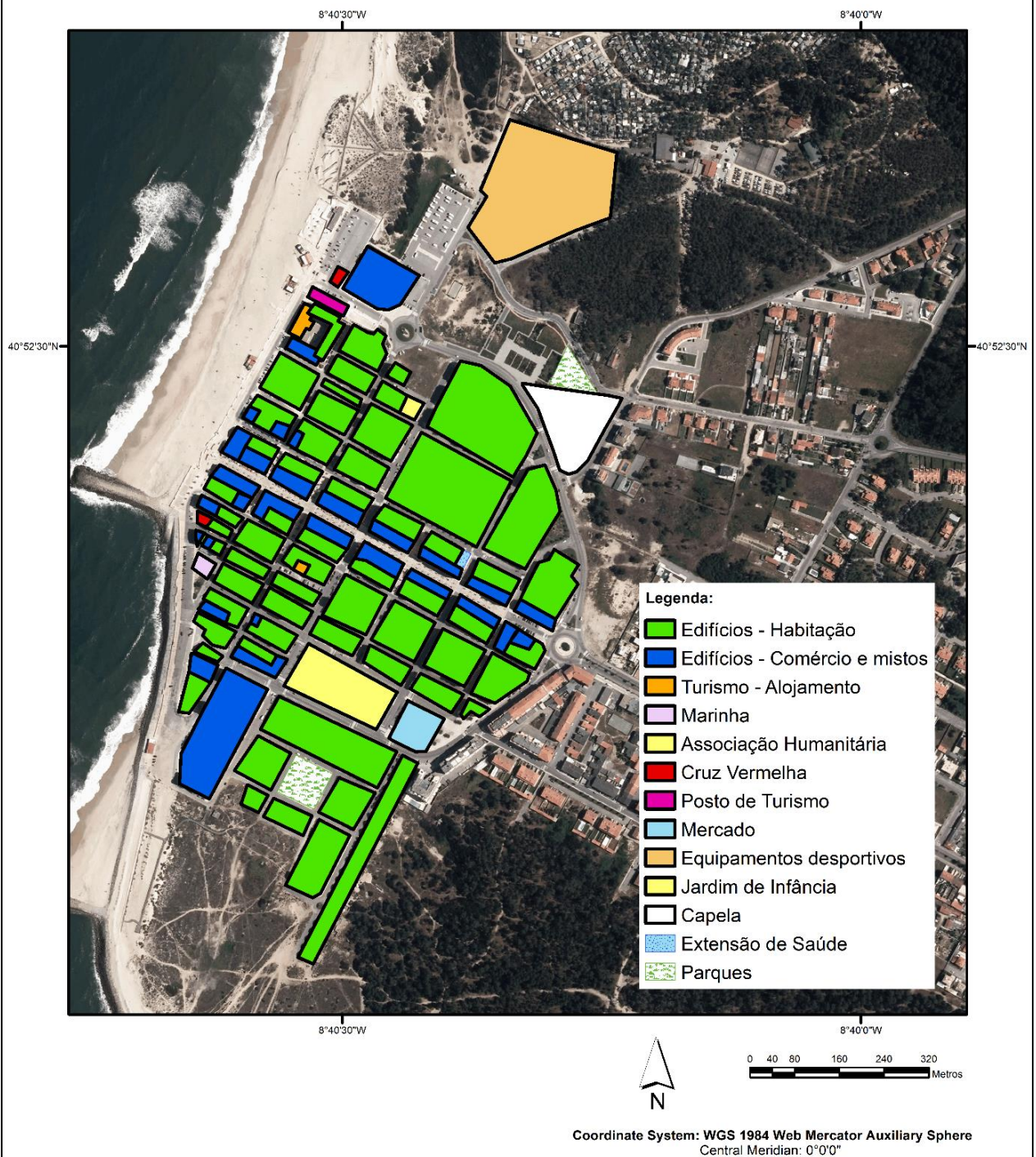














Figura 3.16 Edifícios e equipamentos no Furadouro. Fonte dos dados base: APA I.P. 2018.

Tabela 3.1 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – situação atual.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa.	
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa.	
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa.	
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco.	
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa.	
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos.	
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	
	A transposição dunar deve ser limitada à circulação à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais.	
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos.	N.A.
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem.	
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa.	
	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes.	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos.	N.A.
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem.	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável.	
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área.	

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

3.12 ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Os planos e programas com influência na área de estudo possuem informação que contribui para a caracterizar. A carta da figura 3.17 identifica o território abrangido pela REN e pelo regime florestal: Perímetro Florestal das Dunas de Ovar. Verifica-se que a área imediatamente a Sul do aglomerado do Furadouro é abrangida pela Zona Especial de Conservação ao abrigo da Diretiva Habitats. Já a Norte do Aglomerado, o território é abrangido pelo Perímetro Florestal das Dunas de Ovar que possui o seu próprio plano de gestão e que tem como objetivos a implementação e incrementação das funções de produção, recreio e proteção (ICNF, 2016).

Através do Plano Diretor Municipal de Ovar é possível identificar (figura 3.18) os espaços residenciais e o solo urbanizável. Verifica-se que não estão previstas, no âmbito do PDM, novas construções nas áreas com risco muito elevado (ver subcapítulo 3.14), no entanto o polígono do solo urbanizável: Grau II não se deveria estender tanto na direção do litoral de forma a ficar em linha com o polígono das praias e dunas. Em relação ao património (figura 3.19) o património existente é relativamente pouco e não muito antigo dado que o aglomerado do Furadouro é relativamente recente.

Em relação ao Programa para a Orla Costeira Ovar – Marinha Grande publicado em 2017 e analisando a figura 3.20 importa referir todo o aglomerado se encontra na faixa de salvaguarda à erosão costeira Nível II, a maioria encontra-se na faixa de Nível I. Relativamente às faixas de galgamento e inundação costeira, apenas a frente marítima se encontra dentro da faixa de nível I, enquanto que a faixa de nível 2 abrange os três quarteirões mais próximos da linha de costa.

Algumas críticas que se podem fazer a estas faixas de salvaguarda publicadas no âmbito do POC - OMG e sobretudo às de erosão de nível I, é o facto de estas:

- Fora de aglomerados não respeitarem o facto de a linha de costa ter tendência para rodar a partir de pontos fixos (caso de esporões e obras aderentes), o que gera erosão muito mais profunda imediatamente a Sul desses pontos fixos do que no restante trecho. Este facto é de fácil confirmação se comparar a linha de costa de 1958 com a atual;

- Um ano após a publicação do POC – OMG (por diploma) verifica-se que em determinados troços costeiros o mar já ultrapassou a faixa de salvaguarda de nível I (demonstrado pelo exemplo da figura 2.6) e que o POC só previa sere ultrapassado 50 anos após a sua publicação;

- As faixas de salvaguarda do POC – OMG, dentro dos aglomerados, serem excessivas pois abrangem cerca de 2/3 do aglomerado do Furadouro e, deste modo, impedem um escalonamento de intervenção por prioridades. Acresce que esta mancha é igual ou mais profunda precisamente na zona defendida por obras costeiras, na zona do aglomerado, e menos profunda nos locais não defendidos e onde se prevê serem maiores os efeitos da erosão, o que aparenta ser um contrassenso, salvo se houver a intenção de abandonar as defesas destes aglomerados e que não é assumido em nenhum dos documentos publicados analisados no âmbito da presente dissertação.

Como tal existem autores (com. pessoal de Mota Lopes, 2018) que defendem que para estas faixas de salvaguarda se deveria ter conjugado , para além do critério da proximidade, se se utilizassem também critérios baseados na altimetria e taxas de erosão (e enquanto não forem utilizados modelos matemáticos validados), conjugado com o princípio de maior recuo da linha de costa a Sul de pontos

fixos. Já para os aglomerados em risco, advoga o mesmo autor que as faixas de salvaguarda tenham 3 níveis, devendo o nível mais gravoso (nível I) ser objeto imediato de medidas de resiliência imediata, haja um nível intermédio (nível II) que seja transitório e em função do comportamento dos sistemas costeiros a médio prazo e um menos gravoso, onde as condicionantes à edificação não sejam tão restritivas (com. pessoal de Mota Lopes, 2018).

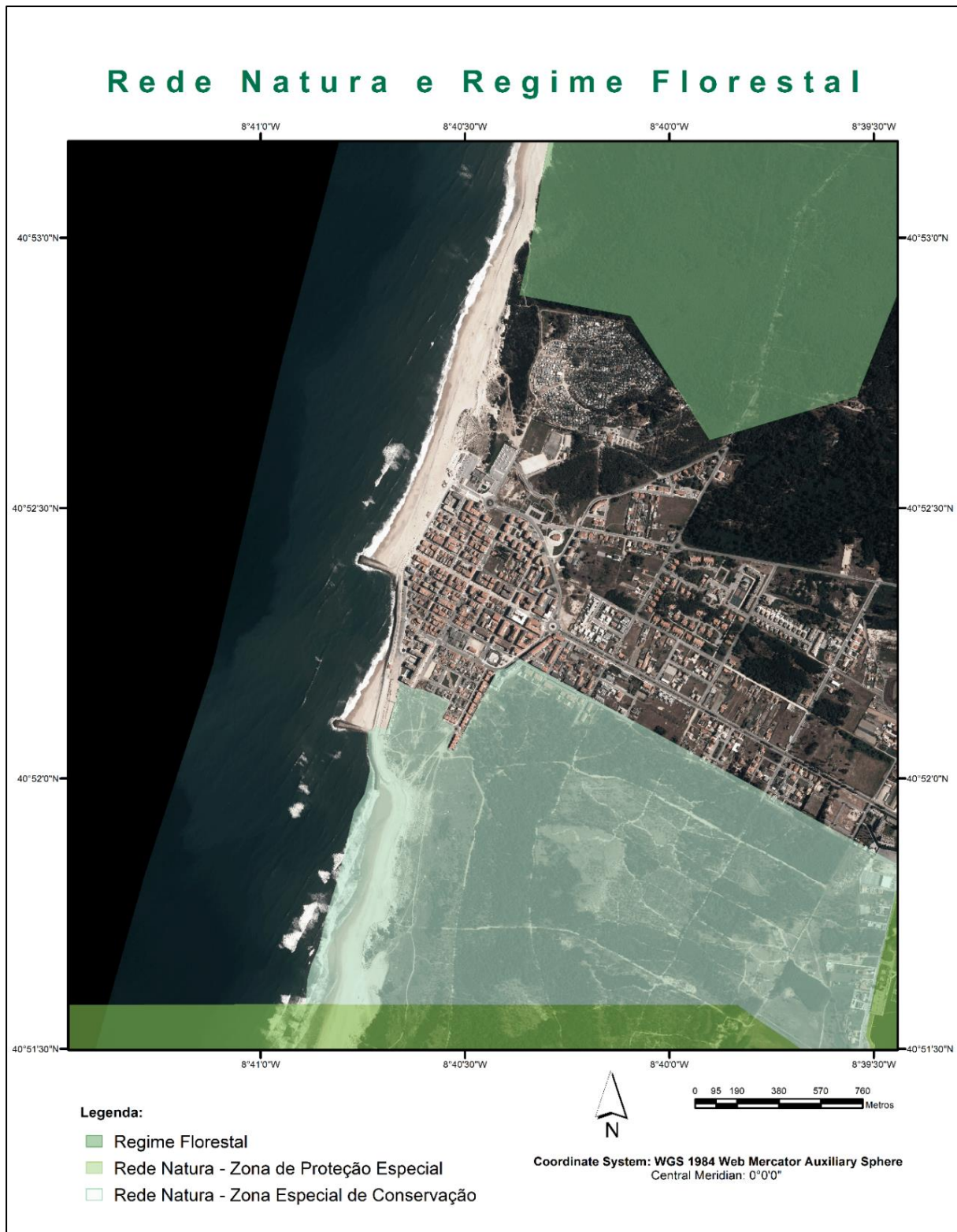


Figura 3.17 Regime Florestal e REN nas áreas adjacentes à área de estudo. Fonte dos dados base: APA I.P. e DGT, 2018.

PDM - Planta de Ordenamento

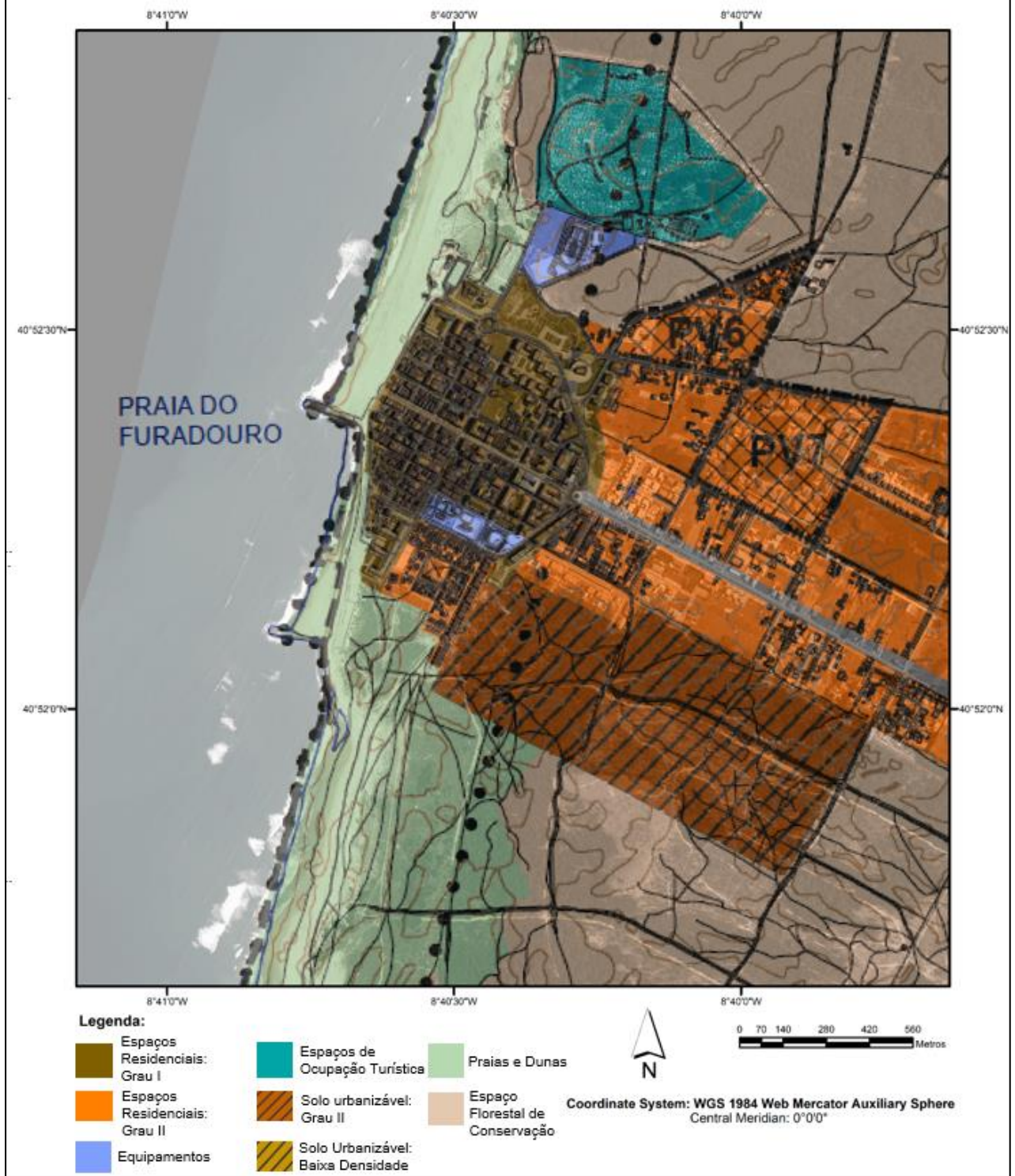


Figura 3.18 Planta de Ordenamento do Furadouro e áreas adjacentes. Fonte: CM - Ovar e SIARL.

PDM - Património



Figura 3.19 Património existente no Furadouro. Fonte: CM - Ovar e SIARL.

Faixas de Salvaguarda - POC OMG

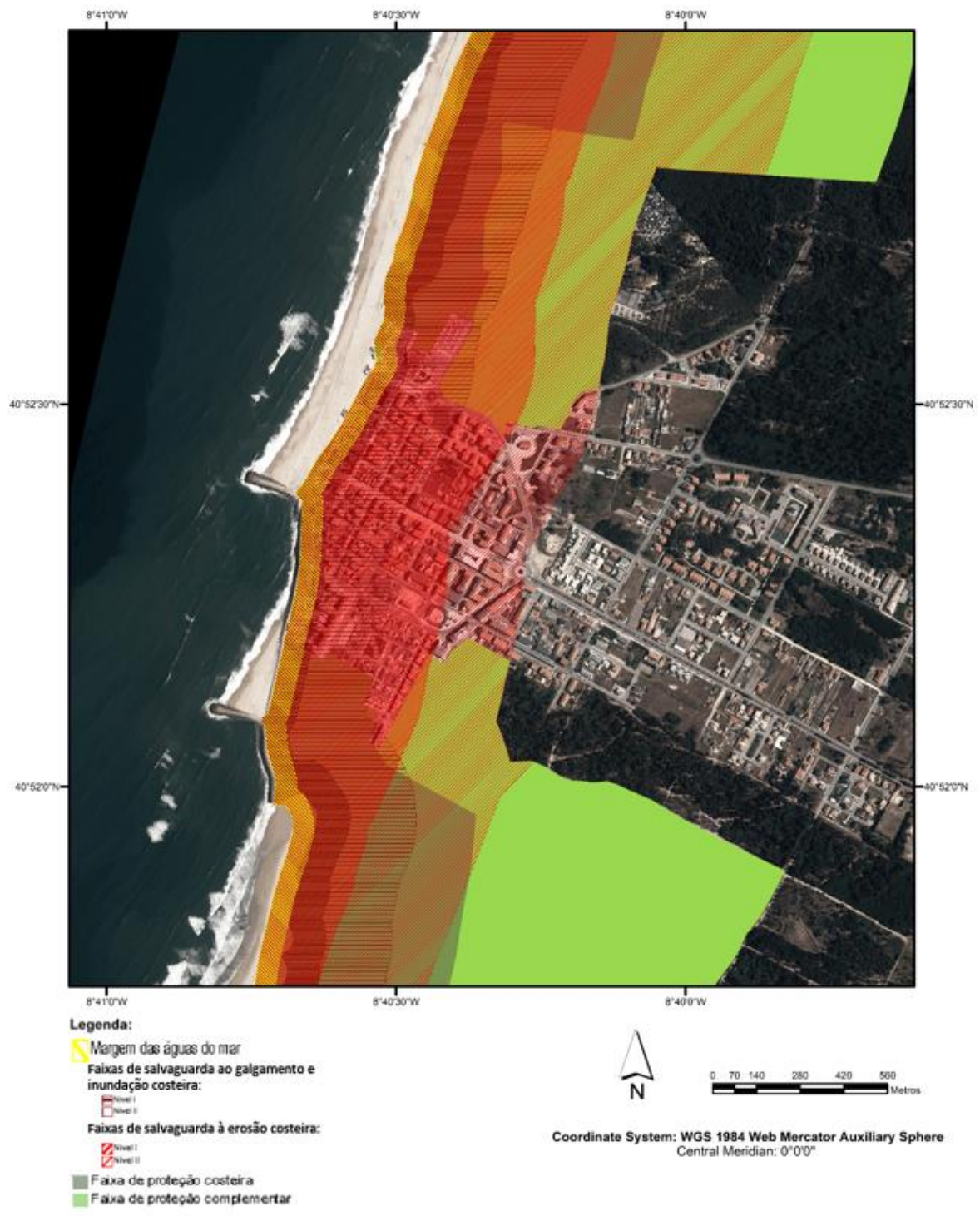


Figura 3.20 Faixas de Salvaguarda do POC – OMG. Fonte: APA I.P., 2018.

Faixas de Salvaguarda - Alternativa

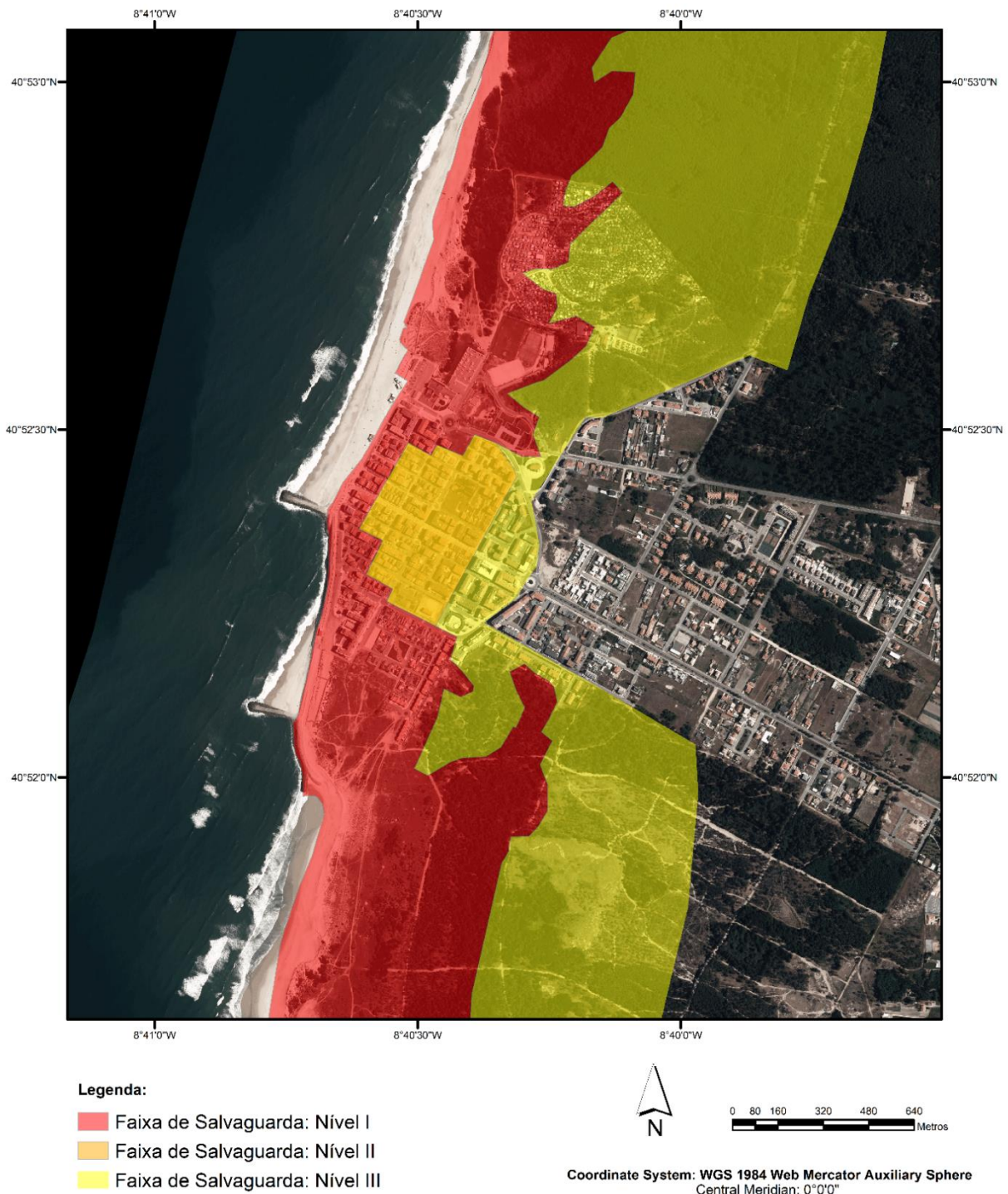


Figura 3.21 Alternativa de faixas de salvaguarda. Fonte: Mota Lopes e SIARL.

3.13 EXPOSIÇÃO; VULNERABILIDADE E RISCO

Para implementar uma estratégia de adaptação é essencial qualificar o risco. Para tal é necessário qualificar a exposição e a vulnerabilidade. Em relação à exposição, apenas se têm em conta critérios de exposição humana. Os critérios utilizados e as respetivas ponderações foram os seguintes:

- População Residente (0,6)
- Alojamentos (0,4)

Resultando na seguinte equação (1):

$$IE = Pop * 0,6 + AI * 0,4 \quad (1)$$

Em que:

IE = Índice de exposição; Pop = População residente e AI = Alojamentos

Já para o cálculo do índice de vulnerabilidade, os critérios utilizados e as respetivas ponderações foram:

- Distância à linha de costa (0,6)
- Altimetria (0,2)
- Artificialização do solo (0,05)
- Défice sedimentar (0,15)

Resultando na seguinte equação (2):

$$IV = D * 0,6 + A * 0,2 + AS * 0,05 + D * 0,15 \quad (2)$$

Em que:

IV = Índice de vulnerabilidade: A = Altimetria; AS = Artificialização do solo; D = Défice sedimentar

Finalmente, para o cálculo do índice de risco utilizou-se a seguinte equação (3):

$$IR = IE * 0,15 + IV * 0,85 \quad (3)$$

Optou-se por atribuir uma ponderação muito mais elevada ao índice de vulnerabilidade devido ao contexto rural em que o Furadouro se encontra inserido, entendendo-se que os critérios de vulnerabilidade deveriam assumir um maior relevo.

A qualificação dos índices assume a seguinte simbologia:

Baixo (valores entre 1 e 2)

Moderado (valores entre 2 e 3)

Elevado (valores entre 3 e 4)

Muito Elevado (valores entre 4 e 5)

O mapa da exposição (figura 3.22) salienta as áreas mais densamente ocupadas pelos residentes. Optou-se por utilizar o critério da população residente, e não o da população presente, para excluir a ocupação sazonal visto que esta se faz sentir com maior intensidade em alturas do ano onde não existem episódios de galgamento e erosão costeira. Observando esta carta constata-se que não existe um padrão. Existem algumas zonas com exposição elevada na frente marítima.

Por sua vez, a carta de vulnerabilidade (figura 3.23) identifica as porções de território mais suscetíveis ao galgamento, erosão e inundação costeira, caracterizadas pela sua proximidade à linha de costa e baixa altimetria. Nas zonas com índice de vulnerabilidade muito elevado é evidente a influência do critério do déficit sedimentar (por se localizarem a Sul dos esporões), do critério da proximidade à linha de costa e da altimetria.

Finalmente, o mapa de risco (figura 3.24) identifica a zona a Sul do esporão Norte com risco muito elevado. De salientar que a grande maioria do território possui risco elevado ou muito elevado pelo que se torna necessária uma estratégia de adaptação que englobe as 3 abordagens (retirada planeada, acomodação e defesa) para que seja possível efetuar uma gestão inteligente do risco com o objetivo de o mitigar ou reduzir.

Comparando estas 3 cartas com as de Cardona (Cardona, 2015), existem algumas diferenças resultantes das diferentes ponderações e critérios utilizados. No entanto, fica claro em ambos que o risco identificado necessita de ser reduzido ou mitigado.

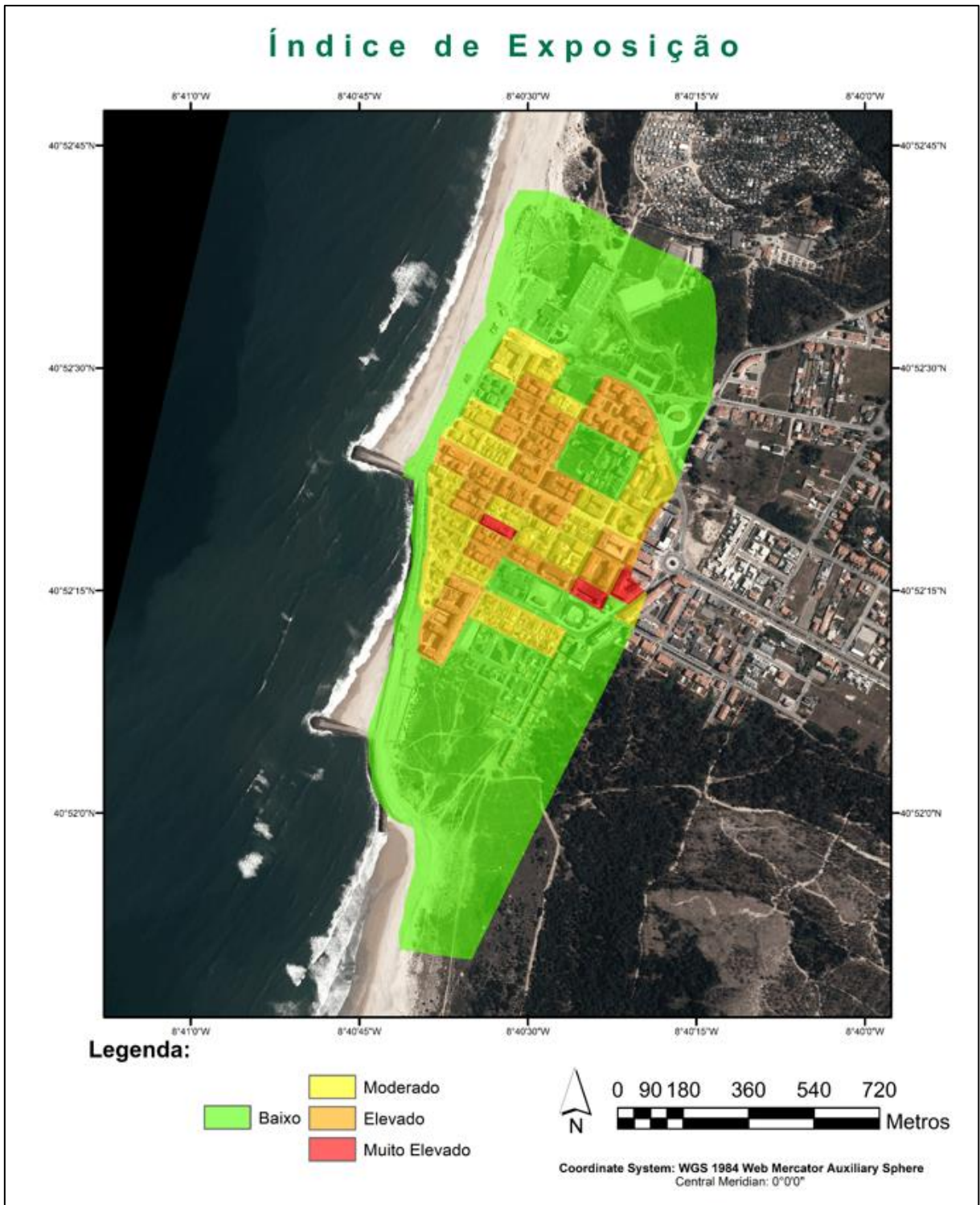


Figura 3.22 Carta de exposição da área de estudo. Fonte dos dados base INE e APA I.P., 2018.

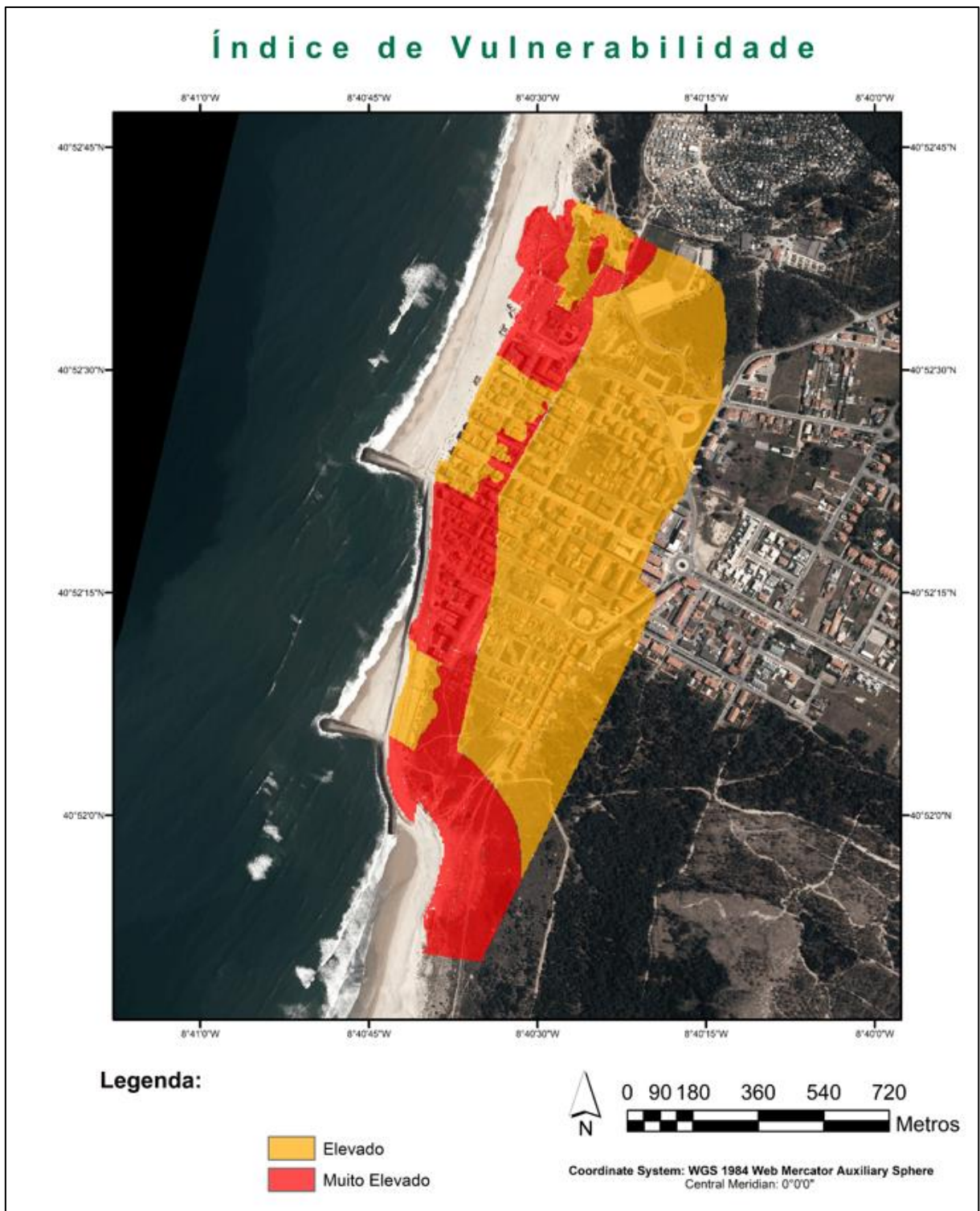


Figura 3.23 Carta de vulnerabilidade da área de estudo. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.

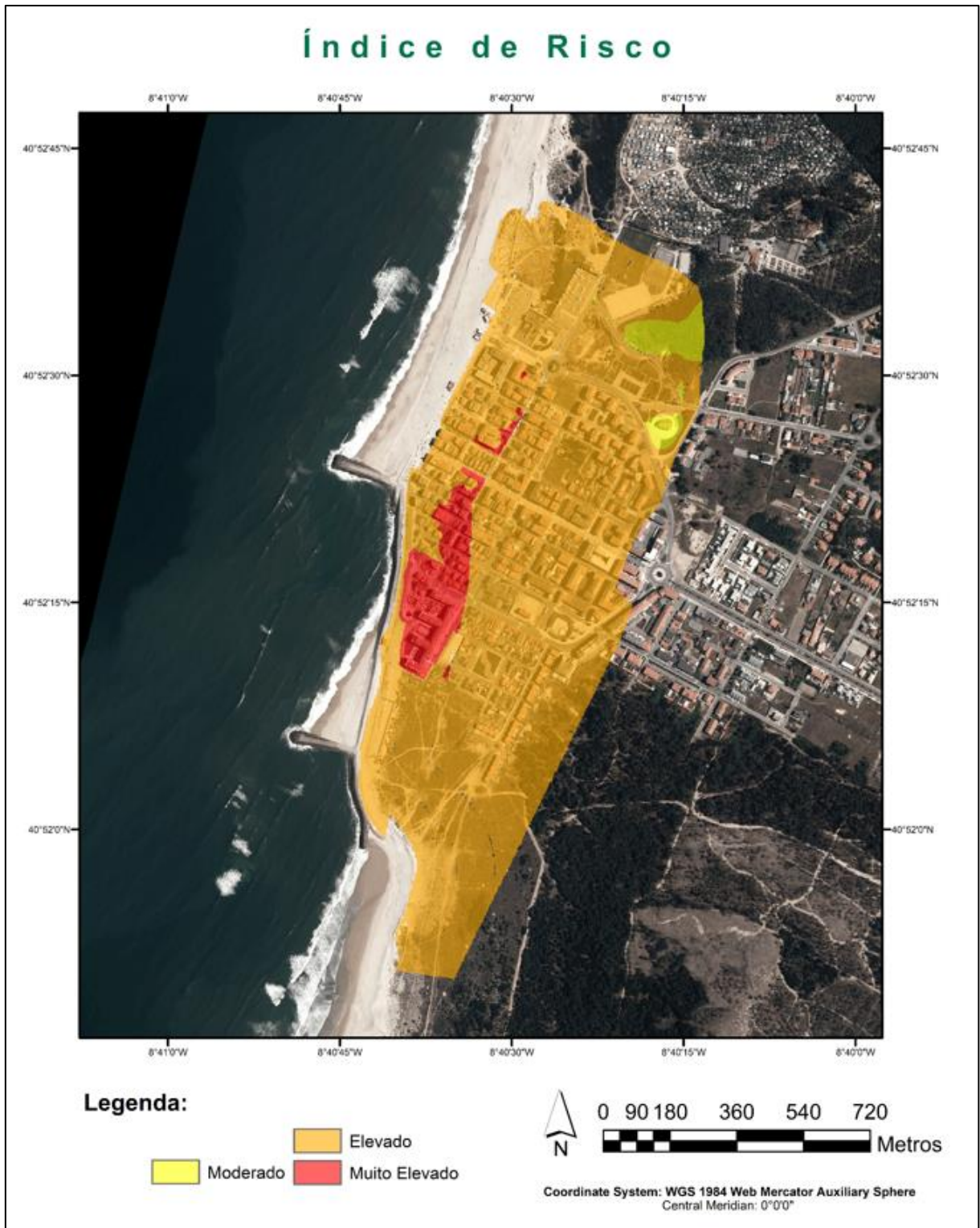


Figura 3.24 Carta de Risco. Fonte dos dados base: INE e APA I.P., 2018.

3.14 ESTRUTURAS DE DEFESA COSTEIRA

A figura 3.31 identifica espacialmente a disposição das estruturas de defesa existentes no Furadouro. A obra longitudinal aderente (figura 3.27 e 3. 28) fixa a linha de costa em toda a frente urbana e possui um prolongamento mergulhante em forma de Y (bifurcação) no extremo Sul (figura 3.29) para atenuar a erosão na transição da defesa costeira com o sistema natural a erosão naquele troço, causado pela retenção de sedimentos a barlamar dos esporões (figura 3.25 e 3.26). Existem muros, mais com função paisagista do que defesa, com cerca 0,75 metros de altura ao longo da frente urbana e ainda uns blocos rochosos colocados a Sul do muro (figura 3.30). A Norte e particularmente a Sul do aglomerado a defesa da linha de costa é feita de forma natural por sistemas dunares, mas que estão em desequilíbrio devido ao défice sedimentar de se verifica nesta subcélula.

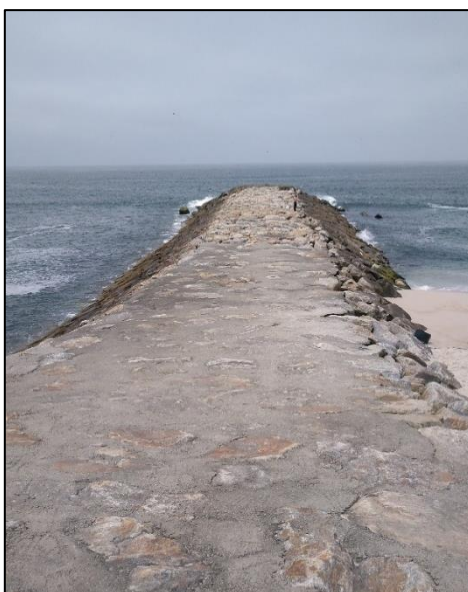


Figura 3.25 Esporão Sul do Furadouro. Fonte: Autor, 2018.



Figura 3.26 Esporão Norte do Furadouro. Fonte: Autor, 2018.



Figura 3.27 Obra longitudinal aderente entre os esporões do Furadouro. Fonte: Autor, 2018.



Figura 3.28 Obra longitudinal aderente a Norte do esporão Norte do Furadouro. Fonte: Autor, 2018.



Figura 3.29 Extremidade Sul da obra longitudinal aderente do Furadouro. Fonte autor, 2018.



Figura 3.30 Muro e blocos rochosos na parte Sul da frente urbana do Furadouro. Autor, 2018.

Estruturas de Defesa

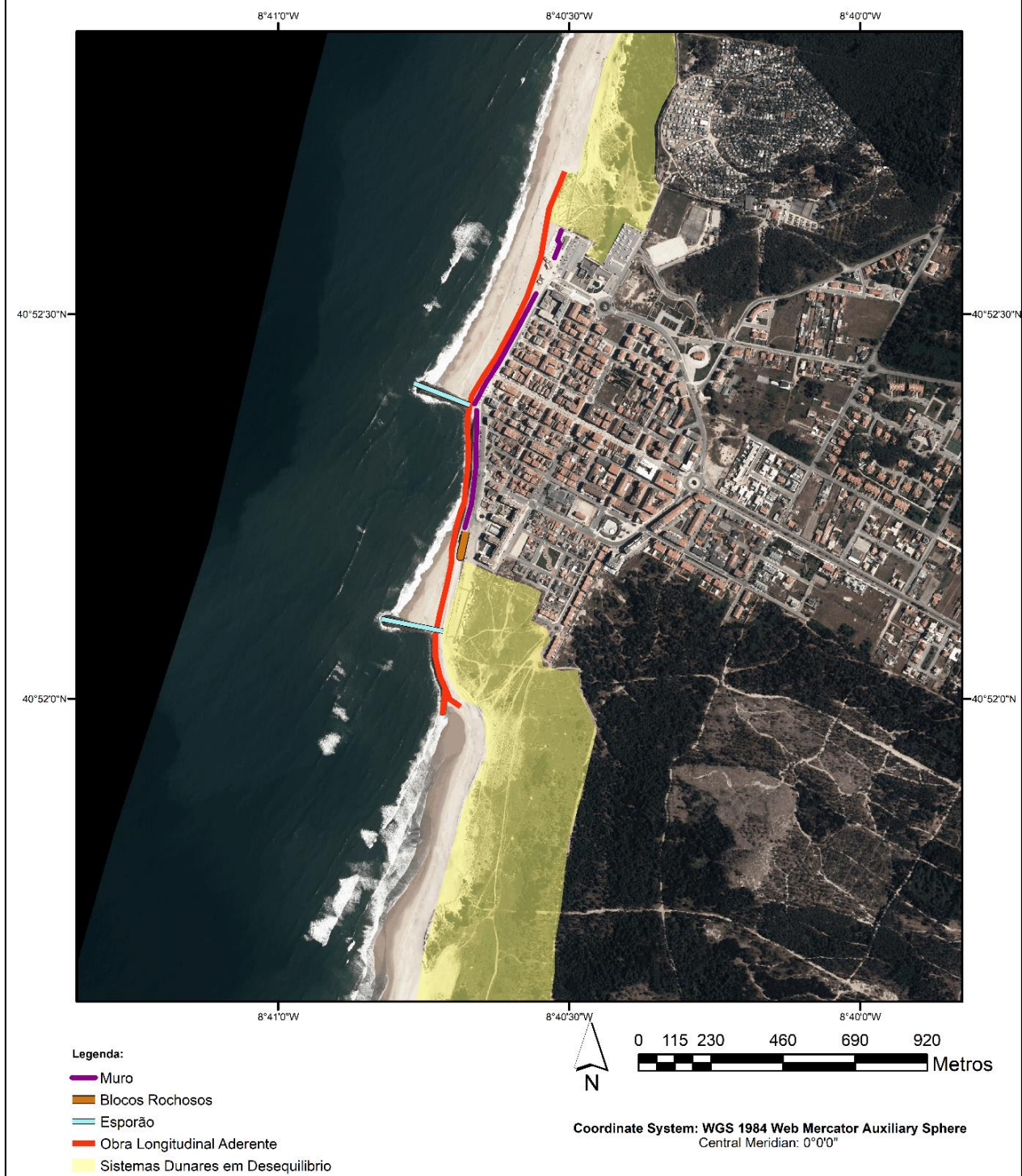


Figura 3.31 Estruturas de Defesa leves e pesadas existentes no aglomerado e litoral adjacente. Fonte: APA I.P. 2018.

3.15 INTERVENÇÕES

Tendo em conta a situação de déficit sedimentar e conseqüentemente recuo da linha de costa, foi necessária a implementação de estruturas de defesa com o objetivo de contrariar o avanço do mar e proteger a aglomerado urbano. A tabela 3.2 sintetiza as intervenções realizadas na área de estudo de que há registro. De realçar que todas as intervenções são de cariz reativo e não antecipativo ou proativo e que o período entre as intervenções tem vindo a diminuir.

Tabela 3.2 Quadro com intervenções de defesa costeira no Furadouro. Fonte SIARL e Silva, 2014.

Data	Tipo de Intervenção	Designação	Tipologia	Orientação da obra	Planeamento da obra
Anterior a 1974	Esporões	Construção dos esporões Norte e Sul	Pesada	Reativa	Emergência
1995	Obra longitudinal aderente	Intervenção de emergência em Esmoriz, Cortegaça e Furadouro	Pesada	Reativa	Emergência
1996	Obra longitudinal aderente + esporão	Esporão e obra aderente em Esmoriz, Cortegaça e Furadouro	Pesada	Reativa	Normal
2003	Muro, murete e muralha	Intervenção de emergência na marginal do Furadouro	Pesada	Reativa	Emergência
2008	Obra longitudinal aderente + esporão	Reabilitação de esporão e defesa aderente de Esmoriz, Cortegaça e Furadouro	Pesada	Reativa	Normal
2012	Obra longitudinal aderente	Intervenção de emergência na defesa aderente de Furadouro	Pesada	Reativa	Normal
2013	Obra longitudinal aderente + cordão dunar	Proteção da marginal na frente marítima da praia do Furadouro	Mista	Reativa	POOC
2014	Obra longitudinal aderente	Combate à erosão e defesa costeira do concelho de Ovar	Pesada	Reativa	POOC
2018	Intervenções em sistemas dunares	Reconstituição dunar a Norte e Sul do Furadouro	Leve	Reativa	POC

3.16 OCORRÊNCIAS

O Furadouro possui já um extenso historial de galgamentos e inundações costeiras. No anexo 1 encontra-se uma listagem com algumas ocorrências (comprovadas por registos fotográficos, vídeo ou notícia) com os respetivos parâmetros naturais associados, sendo que os mais importantes são a altura significativa da onda, o período e a altura da maré astronómica. Os valores de maior magnitude encontram-se a negrito. De referir que, para se verificar galgamento, basta a existência de ondulação com altura significativa de 3 metros e período relativamente elevado (16s) durante marés de elevada amplitude (que acontecem ciclicamente de 15 em 15 dias). Ou seja, é possível que se verifiquem galgamentos no Furadouro de 15 em 15 dias no Outono, Inverno e Primavera, dado que estes valores de ondulação são normais para estas estações do ano.

A figura 3.32 corresponde à representação espacial da área galgada e inundada de algumas ocorrências do anexo 1, designadamente daquelas onde foi possível fazer uma correspondência entre as imagens captadas e a sua localização. Apesar de faltar fiabilidade, é possível ter uma ideia dos locais mais afetados. A zona com maior registo de galgamento e inundação (a Sul do esporão Norte) corresponde a uma zona com índice de vulnerabilidade muito elevado. A existência da obra aderente e do esporão resulta na pouca acumulação de sedimentos, o que resulta no abaixamento do perfil de praia, que por sua vez permite à ondulação quebrar mais próximo da linha de costa, não perdendo energia como aconteceria caso houvesse praias a cotas mais altas e que obrigariam que estas quebrassem mais longe da costa.

Outra particularidade é a distância da costa que a água do mar consegue atingir, estima-se que tenha sido de 300 metros na ocorrência de 2010 e de 200 metros na última ocorrência de 2018. Sendo que existe a possibilidade desta estimativa pecar por défice, porque é baseada em filmagens ou registos fotográficos que não cobriram temporalmente toda a ocorrência e pesando as baixas cotas do local. As figuras 3.33 e 3.34 correspondem a fotografias tiradas durante a ocorrência de Março de 2014, que é o evento de maior magnitude das ocorrências em anexo. Já as fotografias das figuras 3.35 e 3.36 foram tiradas durante as ocorrências de Abril de 2018.

Galgamentos e Inundações



Figura 3.32 Zona inundada durante algumas das ocorrências do anexo 1. Fonte dos dados base: APA I.P., 2018.



Figura 3.33 Estruturas de defesa comprometidas. Fonte: José Monteiro, 2014.



Figura 3.34 Inundação no aglomerado urbano. Fonte: José Monteiro, 2014.



Figura 3.35 Inundação costeira. Fonte: SIARL, 2018.



Figura 3.36 Inundação costeira. Fonte: SIARL, 2017.

4 PROPOSTAS DE ADAPTAÇÃO

As propostas de estratégias de adaptação aos fenómenos costeiros de galgamento e inundação e futuramente potenciados pelas alterações climáticas para o aglomerado urbano do Furadouro visam implementar os seguintes conceitos:

1. Numa primeira fase, a implementação de sistemas de barreiras e de encaminhamento de águas integrados que dificultem a progressão da água que galgou a defesa aderente, encaminhando-a para zonas fora do aglomerado (zonas de encaixe), através da abordagem de acomodação;
2. Com o agravamento da atual situação, promover a substituição dos usos permanentes por usos sazonais da frente urbana em zonas de risco muito elevado e elevado, através das abordagens de retirada planeada e de acomodação;
3. Promover soluções que incrementem estratégias de adaptação planeadas com base na coresponsabilização e na sustentabilidade financeira que contribuam para a autossustentabilidade das operações a desenvolver nas áreas a intervir.

Esta proposta foi idealizada tendo por base o pressuposto de que irá haver incrementos no agravamento dos fatores que causam atualmente galgamentos e inundações costeiras. Neste sentido, a estratégia é composta por 5 fases a implementar consoante a evolução dos temas que para aqui concorrem, sejam ações naturais e/ou antropogénicas e que são discutidas no capítulo da caracterização do litoral. A fase 1 inclui as abordagens de defesa e acomodação. Já as fases 2 e 3 combinam as abordagens de acomodação e retirada planeada. A fase 4 apenas é composta pela abordagem de retirada planeada.

A estratégia de adaptação do Furadouro deverá estar integrada com uma intervenção mais ampla que abranja pelo menos a subcélula entre a foz do Douro e a Barra da Ria de Aveiro (1B), embora o ideal seria articular com as medidas que possam envolver toda a célula 1 entre o Minho e a Nazaré. Referimo-nos a medidas de gestão urbanística ajustada a aglomerados em risco e que os mais prioritários na subcélula 1B são Espinho, Paramos, Esmoriz, Cortegaça e Furadouro. Dentro do tema da defesa costeira, merece particular realce o que possa concorrer para a reposição do equilíbrio do balanço sedimentar sem excluir o restabelecimento de sedimentos nas principais bacias hidrográficas neste troço, com particular ênfase para o Douro. Os principais problemas de origem estrutural e local identificados no capítulo da caracterização da área de estudo são:

1. Ocorrências de galgamentos e inundações costeiras

Devido ao abaixamento das cotas do leito junto à defesa aderente e à baixa altitude do centro do aglomerado, o galgamento da obra aderente pode causar inundações repentinas, particularmente quando se conjugam marés vivas, baixas pressões e agitação marítima. A obra aderente e o murete existentes têm-se revelado insuficientes para responder a este problema. Deste modo, e numa primeira fase, é proposta a implementação de uma obra que dissipe a

energia das águas e as encaminhe para lugares adequados, baseando-se a proposta num muro côncavo e de um sistema de drenagem na frente marítima que encaminhe as águas para zonas de encaixe estrategicamente definidas. Caso tal solução mesmo assim se mostre insuficiente ou caso haja agravamento dos fatores já identificados, a proposta envolve ainda um conjunto de fases sequentes através da abordagem de retirada planeada dos edifícios mais expostos e sempre com a abordagem de acomodação em mente.

2. Défice sedimentar

Este problema de origem estrutural está relacionado com a capacidade de transporte do mar neste trecho costeiro e que é superior à adução sedimentar proveniente das bacias hidrográficas o que, em consequência, gera o abaixamento e diminuição da largura de praia e consequente aumento da capacidade energética da onda na margem. Esta maior capacidade energética da onda, resulta numa maior erosão das praias e sistemas dunares e aumento da capacidade destrutiva das obras de defesa pesada. Neste sentido, é crucial a elaboração de um plano integrado de alimentação artificial para subcélula 1B que seja continuado no tempo e para o troço onde está inserido o Furadouro e que numa primeira fase exigirá alimentações artificiais pontuais com carácter de emergência junto às frentes urbanas mais críticas.

3. Evolução da linha de costa

O recuo da linha de costa é evidente a Sul da obra aderente (tal como se pode verificar através da figura 3.11, do capítulo anterior.). Este problema torna-se ainda mais sério devido à altimetria que favorece avanços repentinos do mar pelo flanco Sul do aglomerado. As propostas avançadas para as fases 2 e 3 acautelam este problema.

Para a elaboração desta proposta teve-se em consideração os mapas de vulnerabilidade e risco. Como tal, é possível observar nas diferentes fases que, a área de retirada e o posicionamento de estruturas de defesa e acomodação está mais distante da linha de costa a Sul do esporão Norte, dado que esta zona apresenta índices de vulnerabilidade e risco mais elevados. A tabela 4.1 sintetiza as ações e estruturas utilizadas nesta proposta de adaptação. Posteriormente são descritas as ações e estruturas mais relevantes.

Tabela 4.1 Ações e estruturas a implementar.

Abordagem	Ação ou estrutura	Fase
Defesa	Alimentação artificial e restauro dunar	Todas (âmbito subcélula)
	Obra aderente	Situação atual e Fase 1
	Esporões	Situação atual e Fase 1
Acomodação	Acomodação de infraestruturas	Fase 1
	Murete	Situação atual e Fase 1
	Muro côncavo	Fase 1,2 e 3
	Reabilitação da frente urbana	Fase 2 e 3
	Barreiras de contenção	Fase 1,2 e 3
	Drenagem de água do mar	Fase 1,2 e 3

Tabela 4.2 – Continuação. Ações e estruturas a implementar

Abordagem	Ação ou estrutura	Fase
Acomodação	Pavimento permeável	Fase 1,2 e 3
	Espaços de valorização	Fase 2 e 3
Retirada planeada	Evitar a construção em zonas de risco Muito Elevado e Elevado	Fase 2,3 e 4
	Condicionar o planeamento urbanístico em zonas de risco Muito Elevado e Elevado	Fase 2,3 e 4
	Expropriar terrenos em zonas de risco Muito Elevado e Elevado	Fase 2, 3 e 4
	Relocalizar habitantes em zonas de risco Muito Elevado e Elevado	Fase 2, 3 e 4

Alimentação artificial e restauro dunar

Contrariamente à obra pesada que tem um efeito muito localizado, a alimentação artificial, para além do efeito localizado, embora temporário, tem também um efeito estrutural, ou seja, influencia positivamente no local de depósito e, com o tempo, todo o trecho a sotamar da sua implementação, face ao efeito da deriva nesses depósitos e que os deslocam lentamente para sotamar. Embora existam situações que justifiquem soluções pontuais de alimentação (criação de praias balneares e como medida complementar à execução de esporões ou de emergência), a melhor forma de otimizar os sedimentos utilizados em ações de alimentação artificial é colocá-los o mais possível a sotamar de cada célula ou sub-célula sedimentar e assim estender a ação benéfica desses sedimentos a todo o trecho da sub-célula ou célula sedimentar. No presente caso o local mais recomendável para este tipo de depósitos seria imediatamente a sotamar da foz do rio Douro.

A alimentação artificial efetuada ao nível da subcélula deve ter uma abordagem integrada e de longo prazo, pois este procedimento exige o reforço regular dos sedimentos em intervalos de tempo e em quantidades ajustadas ou através de soluções continuadas no tempo (repor principais bacias a darem novamente sedimentos para a deriva ou *bypass* fixos ou semifixos). Para além disto é preciso ter em conta a especificidade de cada caso, pois são vários os fatores a considerar para intervenções deste tipo (origem dos sedimentos, profundidade e distância às zonas de empréstimo, granulometria dos sedimentos, local de depósito, tipo de equipamento, tipo de costa e de mar). O planeamento deste tipo de ações requer que seja abordado, pelo menos, ao nível da célula ou subcélula sedimentar, pois exige uma visão de conjunto do sistema em causa para que se possa tirar o máximo proveito.

Na figura 4.1 identifica-se a linha de costa na frente do aglomerado onde é mais gravosa a perda de sedimentos, sendo que colocar sedimentos nesta zona apenas se justificaria para situações de emergência, uma vez que a sotamar destas zonas não existem aglomerados em risco. O único aglomerado a Sul do Furadouro nesta subcélula é a Torreira que, no entanto, já está sob o efeito protetor dos sedimentos acumulados a Norte do molhe Norte da barra de Aveiro e que já se faz sentir neste aglomerado.

A outra forma de encarar a alimentação artificial é através de depósitos na zona emersa para minimizar o efeito das cotas baixas em situação de galgamento ou através da criação de diques

de proteção e que é uma das soluções propostas a adotar para proteger o flanco Sul do Furadouro e como adiante se mostrará.

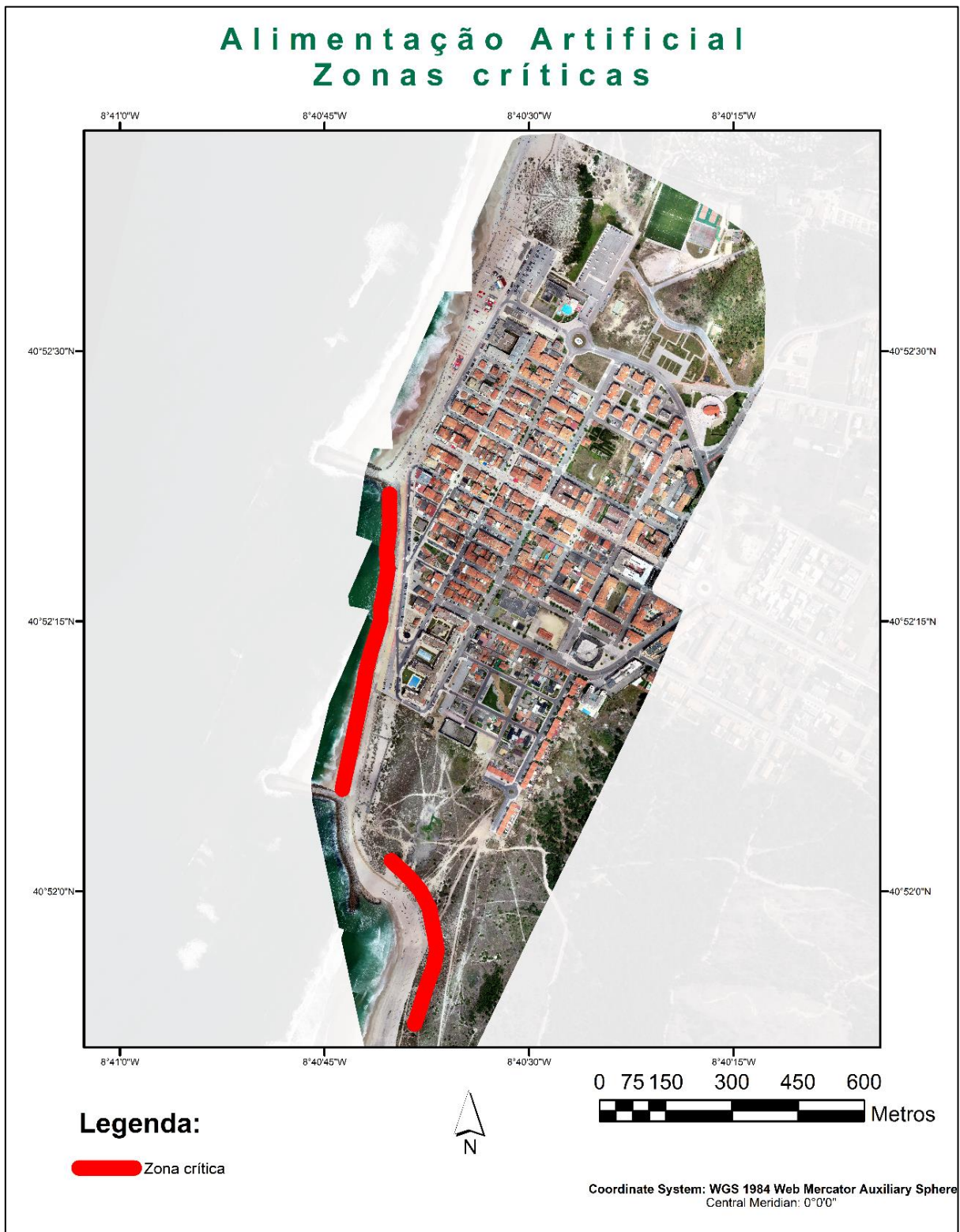


Figura 4.1 Zonas que necessitam de maior atenção por serem mais vulneráveis aos galgamentos.

No que respeita ao reforço dos sistemas dunares em desequilíbrio, situação que se verifica a Sul da obra aderente, defende-se a criação de cotas com sedimentos exteriores ao sistema. Estes sedimentos deverão ser colocados atrás da duna primária. A fixação de sedimentos por ação da vegetação não deverá ser feita nestas situações porque os sedimentos existentes nas dunas foram para lá transportados por via eólica, sendo por isso são de baixa granulometria. A sua integração na deriva tem pouca utilidade porque estes permanecem suspensos até grandes distâncias e como tal são pouco uteis para a manutenção da linha de costa. Por outro lado, a sua permanência nos sistemas dunares permite o ganho de cotas aumentando a resistência da duna a galgamentos, dificultando avanços repentinos do mar. Neste sentido, propõe-se a implementação de um projeto de restauro dos sistemas dunares a Norte e a Sul do aglomerado que respeito as nuances indicadas neste parágrafo.

Quanto à utilização de passadiços que não sejam amovíveis, estes devem limitar-se a zonas onde não se verifique risco de erosão para o seu prazo de validade, pois de outra forma tenderão a ser destruídos pelo mar, o que não é aceitável em investimentos efetuados com recurso a dinheiros públicos, para além de poder colocar em risco os seus utilizadores e denegrir a imagem da Administração Central.

Obra aderente e esporões

Em termos imediatos a obra aderente é essencial para defender o aglomerado. No entanto, permite a ocorrência de galgamentos frequentes durante os meses de Outono, Inverno e Primavera e contribui para o abaixamento da cota da praia contígua e, conseqüentemente, para que as ondas cheguem com mais energia à linha de costa, cujo seu refluxo arrasta sedimentos. Este processo contribui para acentuar o problema da falta de sedimentos neste local, para além de incrementar a degradação da obra.

Quanto aos esporões, estes têm como objetivo a retenção de sedimentos a barlar, no entanto, em situações de déficit sedimentar, acabam por ser pouco eficazes e acentuam drasticamente o déficit sedimentar a sotamar. Na fase 1 é proposta a manutenção com uma periodicidade de 5 anos da obra longitudinal aderente e do esporão Norte. A remoção deste esporão iria comprometer a zona Norte do aglomerado. Já o esporão Sul, aparentemente não está a reter sedimentos seja devido à sua proximidade ao esporão Norte, seja porque pode não ser suficientemente longo para reter os sedimentos desejados e está a agravar o problema a Sul pelo que deveria ser objeto de avaliação, por exemplo com recurso a modelação matemática, para que se identifique qual a melhor opção a tomar, que pode até passar pelo seu abandono.

Já a médio prazo, existem outros aspetos que mereciam ser objeto de estudos específicos em sede de estratégias de adaptação como sejam formas eficazes de dissipação da energia da onda no leito do mar e/ou na margem e que pode passar, entre outras soluções, pela modelação da forma da obra de defesa de maneira integrada com a topografia e as medidas de acomodação no tecido urbano de forma a se otimizar investimentos e funções.

As praias naturais, pelas suas características, declive, granulometria, coesão e porosidade, têm-se mostrado como o método mais eficaz na natureza para ajudar à dissipação da energia das

ondas. O problema é que, devido ao recuo generalizado da linha de costa devido ao déficit sedimentar e à erosão, é cada vez maior a falta de espaço para se implementarem soluções de dissipação da energia das ondas em situação de tempestade como as utilizadas na natureza sem interferência do homem.

Esse é o problema crescente que se gera nas frentes urbanas com obras de defesa em trechos com erosão, pois a perda de espaço que outrora estava dedicado à dissipação da energia da onda com praias naturais é cada vez menor e proporcional ao aumento da dissipação da energia da onda na margem, simplesmente porque as praias tendem a desaparecer.

Como tal, soluções que se baseiem na dissipação da energia da onda, podem ser bem mais eficientes do ponto de vista económico e do risco que soluções para conter o leito do mar através das muralhas tradicionais. O problema das soluções que envolvem a dissipação de energia da onda é que requerem o espaço que falta cada vez mais na frente dos aglomerados.

Ora, caso se verifique ser mais vantajoso optar pela retirada da frente urbana mais exposta, ganha-se espaço para soluções que explorem galgamentos controlados da obra de defesa, complementado com medidas que contribuam para a perda da energia das águas e soluções de encaminhamento para zonas estratégicas de encaixe podem-se mostrar vantajosas a médio e longo prazo.

Muro côncavo

Em todas as fases com exceção da fase 4 é proposta a implementação de um sistema de barreiras côncavas (figura 4.2a). Ao contrário dos muros simples, este formato dificulta o galgamento e permite a drenagem da água que se encontra junto ao muro através de um sistema de grelhas e respetivas tubagens. Pretende-se instalar em cima do muro painéis em acrílico que permitem um incremento da altura desta barreira artificial e minimizarem a interferência na estética do espaço. Na fase 1 os muros são colocados de forma a se integrarem no espaço existente. Já nas fases seguintes, a disposição dos muros pretende facilitar o escoamento da água de forma mais eficiente. Para permitir o acesso à linha de costa existem zonas em que o muro pode apresentar descontinuidades sem que prejudique a função de encaminhamento das águas (figura 4.2b). Caso se pretenda uma maior integração dessas formas na paisagem urbana as figuras 4.3a e 4.3b avançam com soluções podem ser sempre ser assumidas para dissimular o muro sem comprometer a sua funcionalidade.

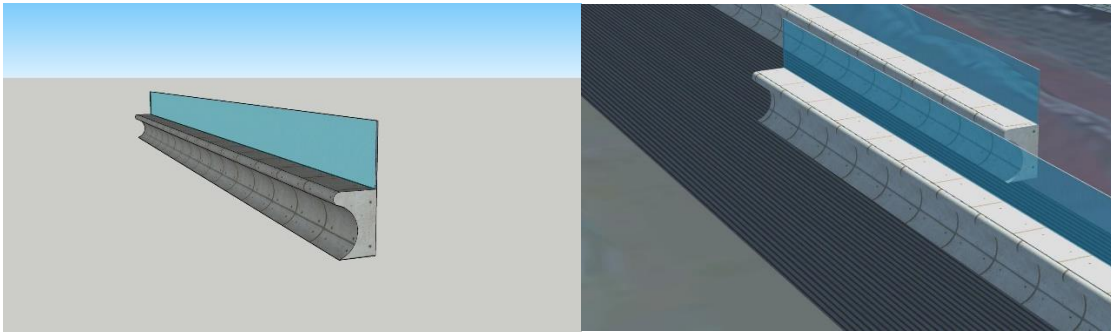


Figura 4.2 a) Desenho em 3D de um muro côncavo; b) Pormenor em zonas de descontinuidade.



Figura 4.3 Sugestões para enquadramento do muro, a) fonte: <https://home-and-garden.livejournal.com/833785.html>; b) <https://vk.com/login?u=2&to=YWxfZmVIZC5waHA/ej1waG90by0xMzAyMDQzOTIfNDU2MjQyNjc1L3dhbGwtNzc3NjUyMzVfMzAxNTU->.

Pavimento Permeável

Outra opção consiste em implementar na rede viária na frente urbana e imediações pavimentos permeáveis para minimizar as escorrências superficiais ao que se pode associar soluções para perda da energia do escoamento através de irregularidades dimensionadas para o efeito. Este pavimento é composto por losangos em betão que permitem a circulação de veículos ligeiros (figura 4.4).



Figura 4.4 Exemplo de um pavimento permeável. Fonte: <https://treelineboulder.com/2016/04/07/permeable-grass-pavers-sustainable-alternative-traditional-concrete-paving-methods/>.

Barreiras de contenção

As barreiras de contenção (figura 4.5) são uma solução versátil e eficaz para impedir que a água que galgou a obra longitudinal aderente e os muros progrida em direção às zonas mais baixas e sensíveis do aglomerado e que pode ser complementada com um sistema de escoamento como as grelhas que surgem na figura 4.6 por forma a incentivar o encaminhamento das águas para áreas menos sensíveis ou problemáticas. A sua instalação deve ser feita na continuidade da primeira linha de construções, de forma a ocupar transversalmente a totalidade das vias que tenham o potencial para encaminhar as águas para pontos indesejáveis do aglomerado. O facto de serem amovíveis ou rebatíveis dá-lhes uma função ambivalente, ora para permitir a utilização do espaço para espaços pedonais e vias rodoviárias e, no pico das ocorrências, para ajudar a conter a extensão dos galgamentos. Este tipo de soluções requerem a sua integração em programas de prevenção e que deverão ser acionados pelas entidades responsáveis através da conjugação com mecanismos de alerta para situações de eventuais riscos de galgamento.

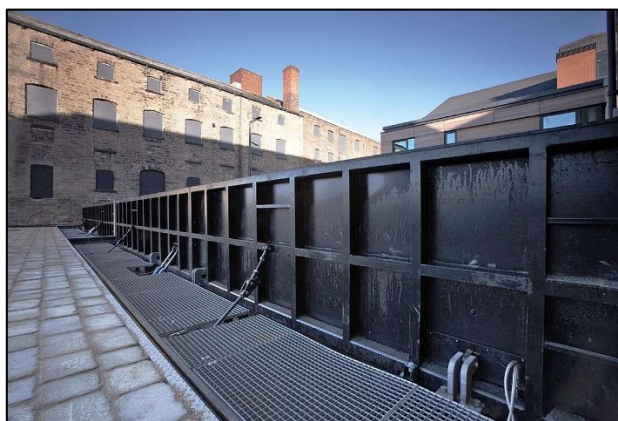


Figura 4.5 Barreira de contenção amovível (Fonte: <http://www.floodcontrolinternational.com/PRODUCTS/FLOOD-BARRIERS/flip-up.html>).

Drenagem e contenção das águas que resultem de galgamentos

Uma forma de drenar as águas que resultem de galgamentos é a utilização de um sistema de grelhas que encaminha as águas em excesso para tubagens subterrâneas e posteriormente para bacias de retenção, sendo que estas últimas podem estar localizadas dentro ou fora do aglomerado. As grelhas devem ser colocadas junto aos muros côncavos, junto às barreiras de contenção e junto às primeiras construções que fazem ligação entre as barreiras de contenção. A drenagem da água do mar também poderá ser feita aproveitando a rede de coletores existente, reduzindo custos, desde que compatível com o novo uso e o uso tradicional.

Quanto às bacias de retenção, estas podem ser efetuadas aproveitando infraestruturas urbanas como sejam vias, estacionamento, campos de jogos ou infraestruturas verdes e que deverão ser dimensionados não só para a sua função urbana, mas também para encaixe das águas em excesso. Estes espaços devem obedecer a um conjunto de requisitos, como sejam estar a cotas baixas, poderem funcionar como uma bacia de retenção e terem capacidade de retorno dessas águas para o mar uma vez passada a tempestade ou maré viva. No entanto, é plausível que tais

bacias de retenção dentro do aglomerado sejam insuficientes para ocorrências de maior magnitude, pelo que importa criar alternativas nos terrenos adjacentes ao aglomerado que possuam igualmente baixas cotas mas com capacidade para um encaixe maior das águas, como sejam terrenos agrícolas, florestais ou naturais na envolvência do aglomerados e que podem ficar aptos para essas funções com pequenos trabalhos de modelação do terreno, para além dum sistema de drenagem compatível. Como é natural, este tipo de estruturas deve estar associado a programas de prevenção que permitam gerir adequadamente a sua utilização ambivalente.

Entre as soluções possíveis para as grelhas de escoamento das águas do mar, estas podem ser planas (figura 4.6a), ou em forma de pirâmide (figura 4.6b) de forma a dissipar o mais possível a energia das águas e diminuir a velocidade do escoamento superficial, ao mesmo tempo que as encaminham para a rede de drenagem. Em cada fase é feita a discriminação do tipo de grelhas a implementar.

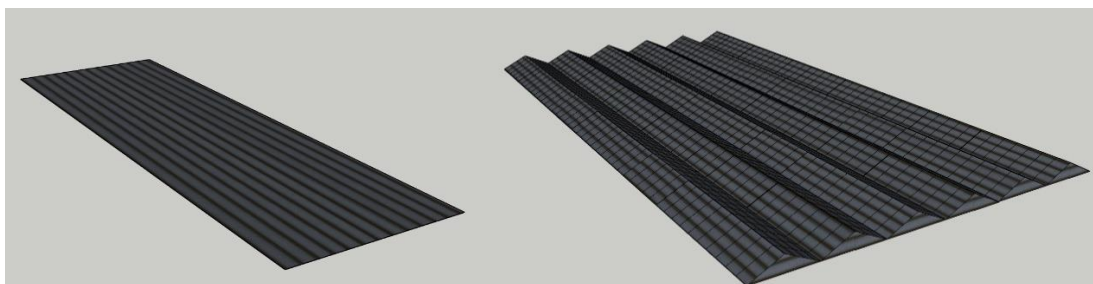


Figura 4.6 a) Desenho de grelha plana; b) desenho em 3D de grelha sinuosa.

Após a passagem da água pela grelha, o escoamento passa a ser subterrâneo através de tubagens em PVC até às bacias de retenção, no presente exemplo, localizadas a Norte e a Sul do aglomerado. A distinção entre tubagem Norte e Sul é feita na avenida pedonal. Em relação á tubagem Norte é necessário, na zona do estacionamento, subterrar a tubagem cerca de 2 metros para possibilitar o escoamento por ação gravítica, o que a onera a proposta, no entanto, considera-se vantajoso existirem várias soluções para encaminhamento das águas, para Sul e para Norte, uma vez que a tendência é para o aumento da frequência e intensidade dos galgamentos. Na figura 4.7 encontra-se uma representação esquemática em 3D de tubagens que encaminham as águas do mar que resultarem de galgamento para fora do aglomerado.

A rede de drenagem e sistemas de contenção deverá ser objeto de um adequado dimensionamento para diversos períodos de retorno do ponto de vista hidráulico e de estabilidade das estruturas, mas que não é o objeto de atenção da presente dissertação, que está mais direcionada para sensibilizar responsáveis e técnicos para as soluções que podem ser implementadas para se aumentar a resiliência dos aglomerados a galgamentos marítimos.



Figura 4.7 Tubagens (a vermelho) que encaminham a água para bacia de retenção.

Espaços de Valorização

Estes espaços deverão ser planeados para poderem acolher equipamentos e infraestruturas que permitam valorizar a frente urbana nas vertentes, ambiental, social e económica e que, simultaneamente contribuam para aumentar o nível de resiliência do aglomerado. Seguidamente irão ser mencionadas algumas destas infraestruturas e proceder-se-á a uma análise comparativa.

ESTRUTURAS DE ALTURA VARIÁVEL

Estas estruturas têm dupla função. Durante o Outono, Inverno e Primavera encontram-se na posição baixa constituindo um obstáculo ao avanço da água. No verão encontram-se na posição elevada oferecendo zonas de sombra onde poderão ser colocadas mesas e bancos. As figuras 4.8a, b e c constituem exemplos de estruturas deste tipo.



Figura 4.8 Exemplos de estruturas de altura variável. Fonte: a) Autor: Maria Kutay; b) Autor: Denis Mignoli; c) https://archinect.com/firms/project/33961/shadow-play/149996129?utm_content=buffer6075&utm_medium=social&utm_source=pinterest.com&utm_campaign=buffer#&qid=1&pid=1.

BARREIRAS DISSIMULADAS

Algum mobiliário urbano pode ser estrategicamente colocado de forma a constituir uma barreira ao avanço da água. Como exemplo, a figura 4.9a apresenta um conjunto de bancos com pequenos espaços de jardinagem. Na figura 4.9b encontra-se uma barreira aproveitada para prática de escalada. Já a figura 4.9c apresenta, também, um conjunto de bancos e caminho elevado. A figura 4.10a representa uma pista de skate, a figura 4.10b um espaço urbano com diversos desníveis e a figura 4.10c um conjunto de blocos.



Figura 4. 9 Formas de dissimular barreias numa frente urbana. Fonte: a) Петрова Марина; b) Jacopo Feslikenian; c) <http://www.vaievemdauida.com.br/noticia/o-telhado-vivo-da-universidade-de-melbourne-na-australia/>.



Figura 4. 10 a) Formas de dissimular barreias numa frente urbana. Fonte: a) <https://i.pinimg.com/originals/e0/87/14/e087147a3e5f8bfd172b267fa2459161.jpg>; b) <http://bgelandscapes.com/landscaping/pictures-of-landscaping-using-other-peoples-ideas-to-design-your-landscape/>; c) <http://www.landscapingshow.info/landscaping-ideas-for-your-property/>

EDIFÍCIO DUNA

Com um *design* ecológico, inspirado no ecossistema dunar, esta estrutura serve de obstáculo aos galgamentos e permite albergar um conjunto de serviços no seu interior, como apoios de praia e pequeno comércio. A figura 4.11a apresenta a forma da estrutura e a figura 4.11b mostra o detalhe da superfície da estrutura, inspirada em sistemas dunares, cuja forma e materiais ajuda a dissipar a energia das águas. O design deverá ser adaptado e devidamente dimensionado para se enquadrar no local.



Figura 4. 11 a) Edifício duna (fonte: <https://www.designboom.com/architecture/hajizadeh-associatess-complex-iran-sand-dunes-06-21-2018/>); b) rugosidade dunar causada pela ação do vento (Fonte: <https://www.art.com/products/p30228198995-sa-i8871416/tim-fitzharris-mesquite-flat-sand-dunes-death-valley-national-park-california.htm?RFID=990319>).

PESQUEIRO E VIVEIROS

Outra forma de ocupar os espaços de valorização pode ser através da utilização de tanques, onde podem ser inseridas espécies piscícolas com interesse para a pesca lúdica e rentabilizar o espaço através da sua utilização como pesqueiro, tal como acontece com o pescódromo de Lavos. As fotografias da figura 4.12 representam imagens do pescódromo de Lavos. Claro que este conceito teria que ser adaptado para se integrar numa frente urbana. Em alternativa, estas áreas poderiam ser usadas como viveiros de marisco, também devidamente integradas na frente urbana e são exemplo de soluções que permitem algum retorno económico.



Figura 4. 12 Pescódromo de Lavos (Fonte: <https://www.minube.pt/fotos/lavos-c254626>).

PAVIMENTOS SINUOSOS COMO PARQUES INFANTIS

Outro uso inteligente para os espaços de valorização é a construção de parques infantis como os da figura 4.13 que possuem pavimentos sinuosos, constituindo um obstáculo ao avanço das águas.



Figura 4. 13 Parques infantis como obstáculo ao avanço da água. (fonte: a) <http://flavorwire.com/284670/15-amazing-playgrounds-from-all-over-the-world/15/>; b) <https://www.gooood.cn/la-colline-by-appelle-moi-papa.htm>; c) <http://www.play-scapes.com/play-design/contemporary-design/lazona-kawasaki-plaza-earthscape-tokyo-japan-2006/>.

ANÁLISE COMPARATIVA

A tabela 4.2 compara as diferentes estruturas relativamente à resiliência assim como o seu impacto nos campos ambiental, social e económico. Na generalidade estas estruturas produzem benefícios nestas componentes.

Tabela 4. 3 Análise das diferentes estruturas nas componentes ambiental, social e económica e resiliência ao galgamento.

Estrutura	Resiliência ao galgamento	Componente Ambiental	Componente Social	Componente económica	Total
Estruturas de altura variável	++	+	+++	+	++
Barreiras dissimuladas	++	++	+++	+	++
Edifício duna	+++	-	+++	+++	++
Pesqueiro e viveiros	+	--	+	+++	+
Pavimentos sinuosos como parques infantis	++	+	+++	+	++

4.1 METODOLOGIA

O presente exercício não pretende ser um projeto para vir a ser implementado neste aglomerado tal como proposto, mas mais para servir de estímulo e de referencial junto de técnicos e decisores para o enorme potencial que este tipo de abordagem pode ter de forma a tornar os aglomerados em risco mais atrativos e funcionais para atividades sociais e económicas a par de contribuir para que haja um aumento da sua resiliência e diminuição dos riscos inerentes a este tipo de espaços costeiros.

Para o cálculo da estimativa de valores a investir nesta proposta de estratégia de adaptação recorreu-se ao sítio <http://www.geradordeprecos.info>, no que diz respeito a estruturas, com exceção das barreiras de contenção cujo preço foi indicado pela empresa *Flood Control International* (<http://www.floodcontrolinternational.com>). Já para as ações de manutenção do esporão e manutenção da obra longitudinal aderente utilizou-se os valores considerados por Cardona (Cardona, 2015 *vide* Roebing, Coelho e Reis, 2011).

Visto que a fase 1 é para ser implementada a curto prazo, apenas se procedeu á estimativa de investimento até a um horizonte de 10 anos. Quanto às restantes fases, a estimativa atinge os 50 anos com intervalos de 5 anos. Os valores finais apresentados foram calculados tendo em conta uma atualização de preços baseada na média do índice de preços no consumidor dos últimos 20 anos. Na fase 1A procede-se á acomodação dos apoios de praia. Para calcular os valores desta ação utilizou-se a metodologia de Cardona (2015) e Ferreira (2016) ou seja, considerou-se que o custo da acomodação do edificado seria de 30% do custo de construção na mesma área, com base na Portaria nº 353/2013, nos termos e efeitos do Decreto-Lei nº 13/86, de 23 de Janeiro (alterado pelo Decreto-Lei nº 329-A/2000, de 22 de Dezembro).

Sendo que os preços das ações de manutenção das estruturas de defesa e acomodação indicados na bibliografia dizem respeito ao metro e ao metro quadrado, foi necessária a utilização do ArcGis para calcular os comprimentos da obra aderente e esporão Norte, assim como a área dos apoios de praia a acomodar. Na tabela 4.3 encontram-se os custos (atualizados) retirados da bibliografia.

Tabela 4. 4 Preço em €/m das ações de defesa e acomodação de edifícios.

Manutenção da obra aderente	2049,76,00€/m
Manutenção do esporão	1844,79,00€/m

Para o cálculo da manutenção das estruturas da abordagem de acomodação considerou-se o valor de 30% do preço de construção e a ser aplicado em intervalos de 5 anos. De realçar que, nas fases 2 e 3, os espaços de valorização não entram nesta estimativa porque as estruturas a implementar não estão definidas, pelo que é preciso ter em consideração que os valores relativos à abordagem de acomodação encontram-se subestimados. Outro aspeto a ter em conta é a não inclusão dos custos de alimentação artificial, por se entender que esta medida tem impacto estrutural e como tal deverá ser enquadrada no âmbito de uma análise global à subcélula 1b.

Para a elaboração desta proposta foram seguidos os seguintes princípios:

1. INCERTEZA NO RITMO DO AVANÇO DO MAR.

Apesar de se saber que o recuo da linha de costa irá continuar com tendência para agravar, desconhece-se com exatidão os valores desse recuo pelo que a proposta aqui apresentada possui 4 fases a serem implementadas progressivamente.

2. URGÊNCIA DE MEDIDAS.

A situação atual identificada no capítulo anterior refere a existência de galgamentos e inundações costeiras frequentes sem que se conheçam atitudes concertadas para ter controlo sobre os processos instalados, o que é inaceitável. Deste modo, as fases 1A e 1B foram concebidas para poderem ser implementadas rapidamente, mas de forma provisória até que seja implementada a fase 2 ou outra que se considere adequada.

3. SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA.

A existência de espaços de valorização e os blocos amovíveis constituem vias de retorno financeiro. São também sugeridos instrumentos e formas com capacidade para financiar a estratégia de adaptação e que devem ser assumidos a uma escala nacional.

Neste capítulo recorreu-se ao *Arcgis* para elaboração de mapas, *Sketchup* para o desenho das frentes urbanas em 3D e *Infraworks* para juntar a nuvem de pontos (previamente obtida com recurso a VANT) e os elementos das frentes urbanas.

4.2 FASE 1

Esta fase foi concebida com o intuito de ser relativamente fácil e rápida a sua aplicação. Neste sentido não está prevista qualquer retirada. Em relação à abordagem de acomodação, esta apenas está prevista para os apoios de praia. A estratégia desta fase assenta, quase na totalidade, na abordagem de defesa.

A fase 1 foi dividida em duas, sendo que a primeira (fase 1A) mantém a rede rodoviária da frente marítima intacta. Já a segunda (fase 1B) elimina os troços rodoviários que se encontram muito próximos da linha de costa para que seja possível localizar alguns elementos propostos o mais afastado possível do limite do leito do mar. A fase 1A ou 1B deverá ser implementada no imediato e conseguirá ser eficiente para eventos de magnitude média e elevada. Já para eventos extremos poderá não ser suficiente. Neste sentido aconselha-se a implementação da fase 2, 3 ou 4 com celeridade que a prudência aconselha.

4.2.1 Fase 1A

A fase 1A prevê a colocação de um muro côncavo com 1 metro de altura ao qual acresce mais 1 metro em acrílico transparente para minimizar o efeito na paisagem. Na frente do muro será colocada uma grelha com largura de 2 metros para permitir o escoamento da água para a zona

de encaixe. Na primeira linha de habitações advoga-se a colocação de barreiras de contenção no início das ruas que partem da marginal de forma a impedir ou minimizar o avanço das águas que venham a galgar a obra de defesa para a parte central do aglomerado, acompanhadas por uma grelha que fará a ligação entre as barreiras e que permitirá o escoamento eficiente para o sistema de drenagem.

Nas figuras 4.14 e 4.15 é possível observar o esquema das infraestruturas a implementar na parte Norte e Sul do Furadouro respetivamente. De notar a proximidade do muro á linha de costa o que não é desejável, mas que a falta de espaço não deixa alternativa. Esta situação é minimizada na fase 1B.

Fase 1A - Norte

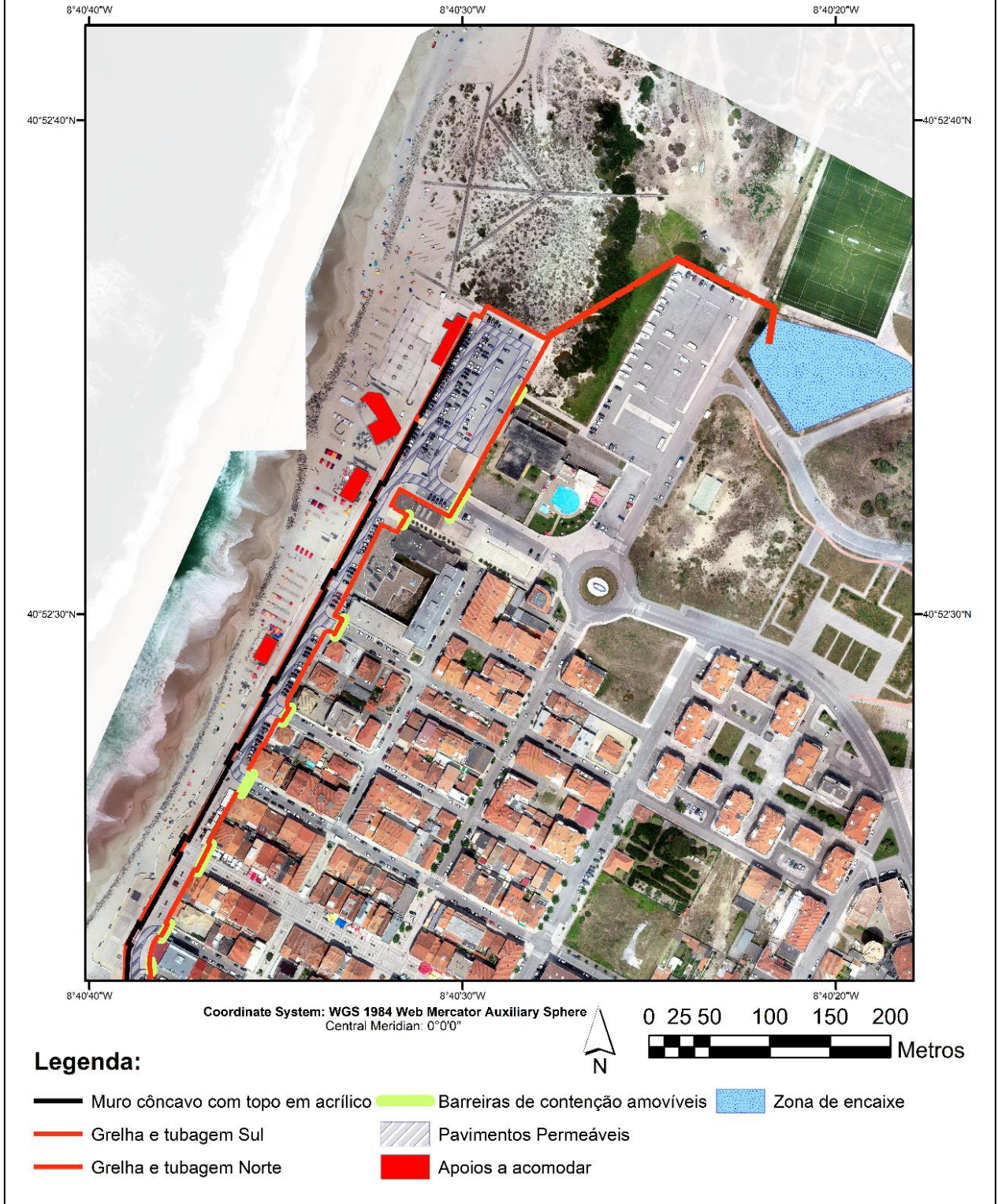


Figura 4. 14 Mapa da Fase 1A, parte Norte.

Fase 1A - Sul

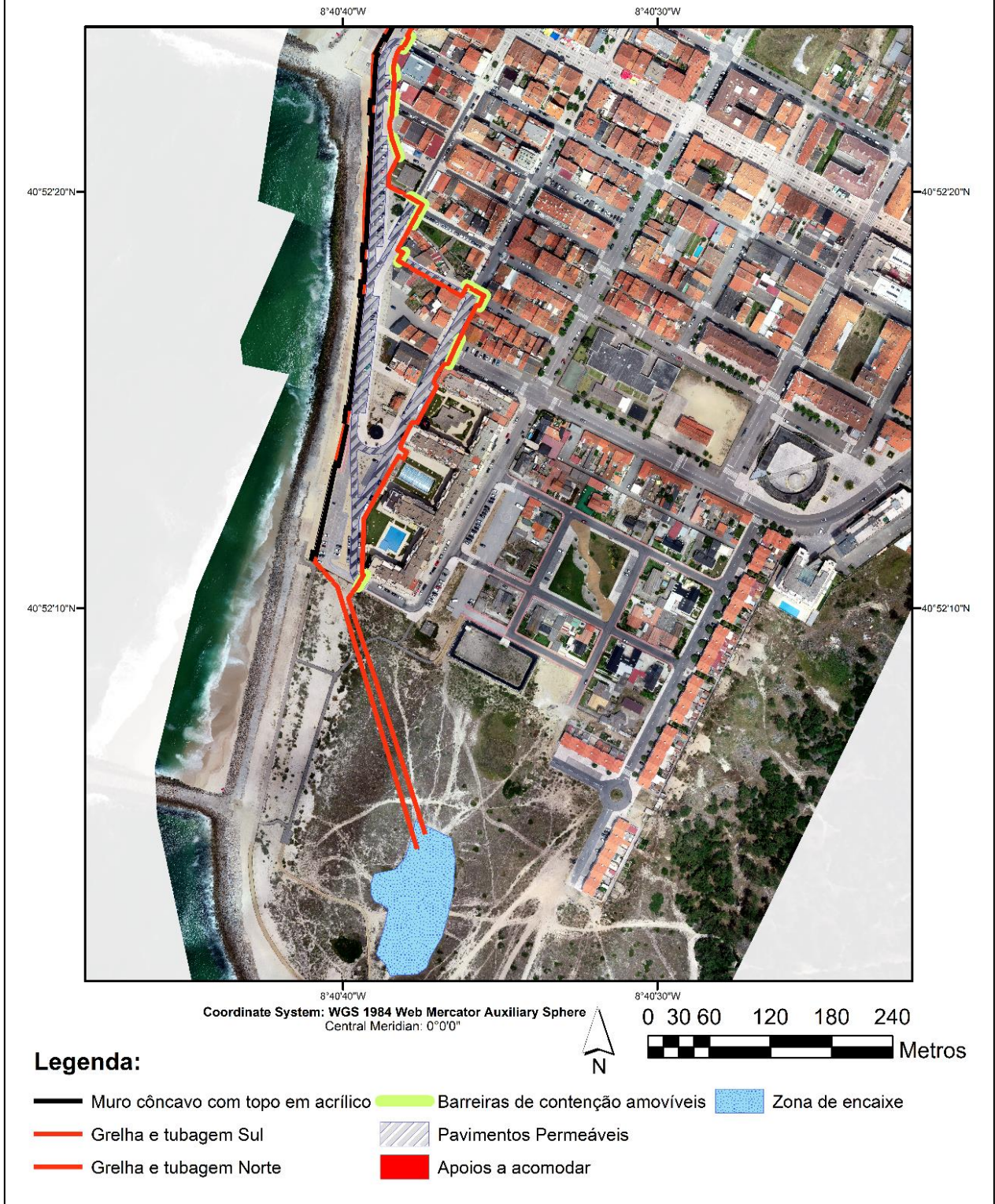


Figura 4. 15 Mapa da Fase 1A, parte Sul.

Uma estimativa rápida do investimento a realizar para implementar a fase 1A encontra-se no anexo 4. Os gráficos da figura 4.16, relativo ao ano 0, 5 e 10 respetivamente, enfatizam as abordagens que alocam o grosso do investimento. No ano zero, 2018, a abordagem de acomodação representa um maior esforço financeiro, devido aos custos de instalação das estruturas. Nos anos seguintes, as manutenções das estruturas de defesa assumem maior peso. Para implementar esta fase serão necessários 6,5 M€. O esforço financeiro para manter este projeto 5 anos após a sua implementação duplica e nos 5 anos seguintes ascende aos 14 M€.

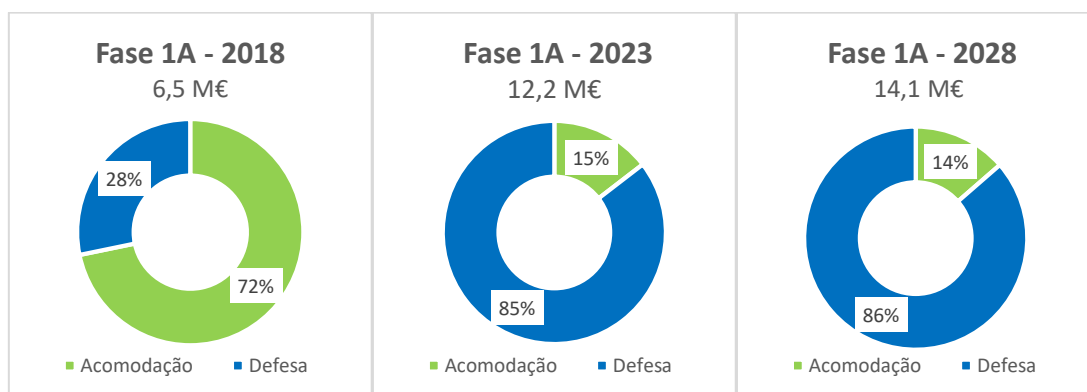






Figura 4. 16 Peso relativo de cada abordagem – Fase 1A.

Na tabela 4.4 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto – Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro, com a implementação desta fase.

Tabela 4.5 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1A.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa	☹️
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa	☹️
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa	☹️
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco	☹️
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa	☹️
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos	☹️
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	😊
	A transposição dunar deve ser limitada à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais	😊

Tabela 4.6 – Continuação. Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1A.

Princípios		Situação
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos	N.A.
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem	
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa	
	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não devem ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos	N.A.
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável	
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área	

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

4.2.2 Fase 1B

A fase 1B prevê a colocação de um muro côncavo com 1 metro de altura ao qual acresce mais 1 metro em acrílico transparente para minimizar o efeito na paisagem. Em frente ao muro será colocada uma grelha com largura de 2 metros para escoamento de água. O muro deverá ser colocado o mais perto possível da primeira linha de habitações, havendo apenas uma via pedonal com largura de 6 metros entre os mesmos, o que implica a retirada da via rodoviária que se encontra na frente marítima. Estas alterações permitem a colocação de pavimento sinuoso entre o muro/grelha e a obra de defesa aderente para diminuir a energia da massa de água que galgou esta última.

A colocação das barreiras de contenção e grelha adjacente é semelhante à fase 1A, no entanto, prevê-se a substituição do asfalto das vias rodoviárias situadas entre o muro côncavo e as barreiras de contenção por pavimento permeável para facilitar o escoamento da água. Na figura 4.17 e 4.18 é possível observar o esquema das infraestruturas a implementar na parte Norte e Sul do Furadouro respetivamente.

Fase 1B - Norte

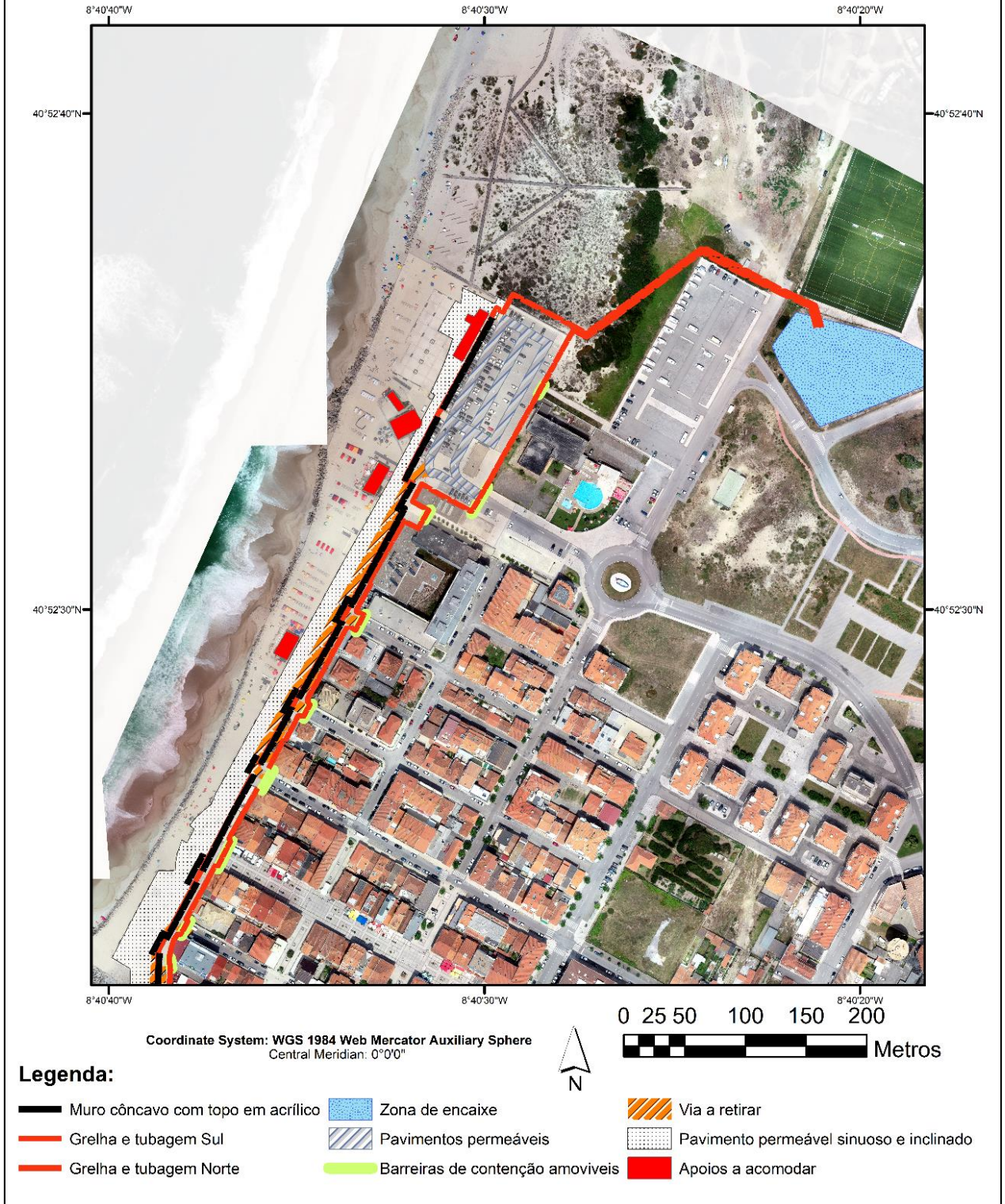


Figura 4. 17 Mapa da Fase 1B, parte Norte.

Fase 1B - Sul

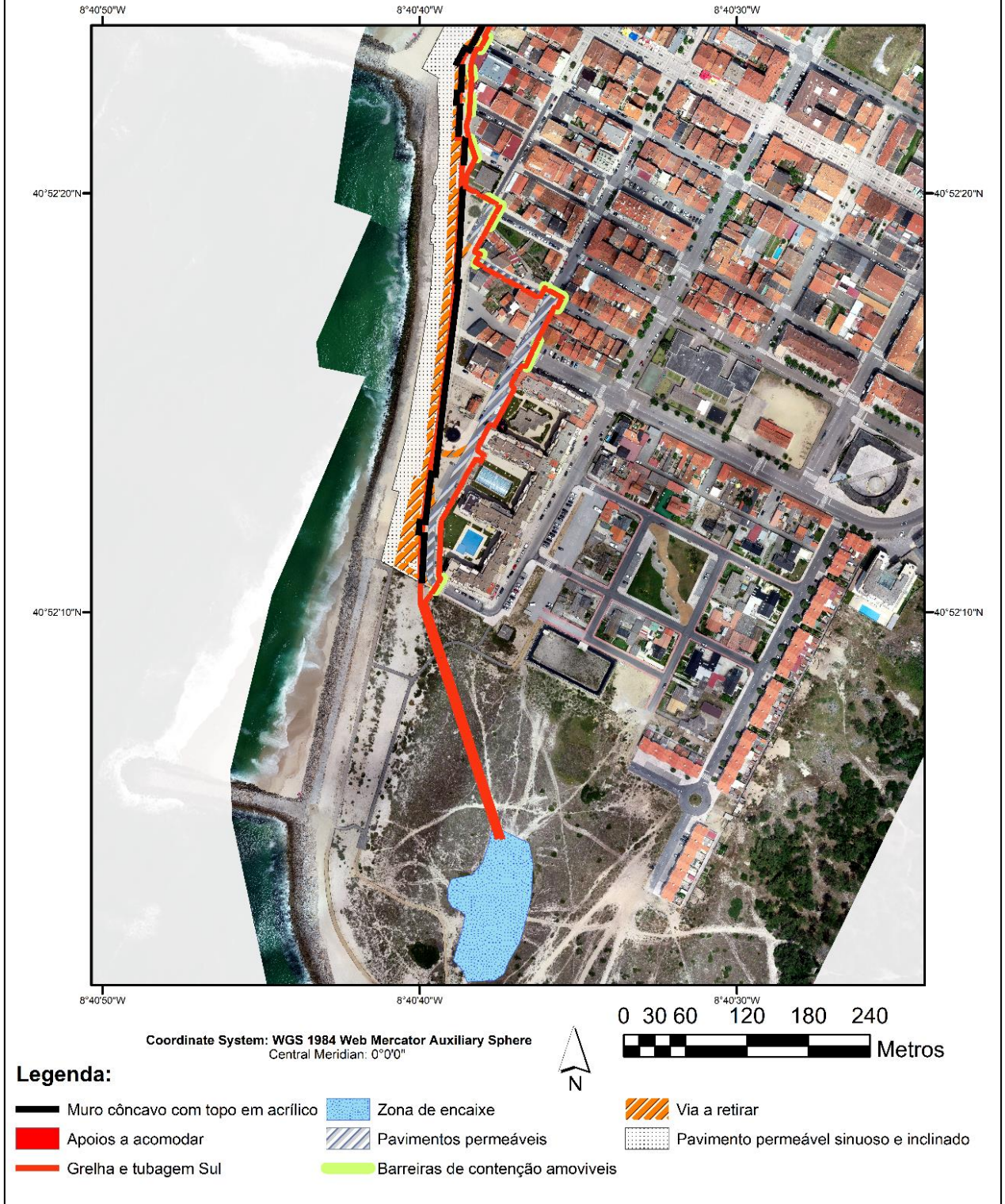


Figura 4.18 Mapa da Fase 1B, parte Sul.

No anexo 4 encontra-se uma estimativa rápida do investimento a realizar para implementar a fase 1B. Os gráficos da figura 4.19, relativo aos anos 0, 5 e 10, enfatizam as abordagens que alocam o grosso do investimento. As ilações a retirar sobre o investimento nesta fase são semelhantes à fase anterior. Na tabela 4.5 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto – Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro, com a implementação desta fase.





Figura 4. 19 Peso relativo de cada abordagem – Fase 1B.

Tabela 4. 7 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1B.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa	☹️
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa	☹️
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa	☹️
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco	☹️
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa	😊
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos	😐
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	😊
	A transposição dunar deve ser limitada à circulação a circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais	😊
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos	N.A.
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem	☹️
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa	☹️

Tabela 4.8 – Continuação. Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 1B.

Princípios		Situação
Construções e Espaços Verdes	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos	N.A.
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável	
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área	

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

4.3 FASE 2

Abordagem de Retirada Planeada

Para implementar esta fase é necessário retirar cerca de 23 300 m² de área edificada, que correspondem aos quarteirões mais próximos da linha de costa. A zona alvo de requalificação da presente proposta encontra-se na figura 4.120 e possui 143 779m².

Fase 2 - Retirada Planeada

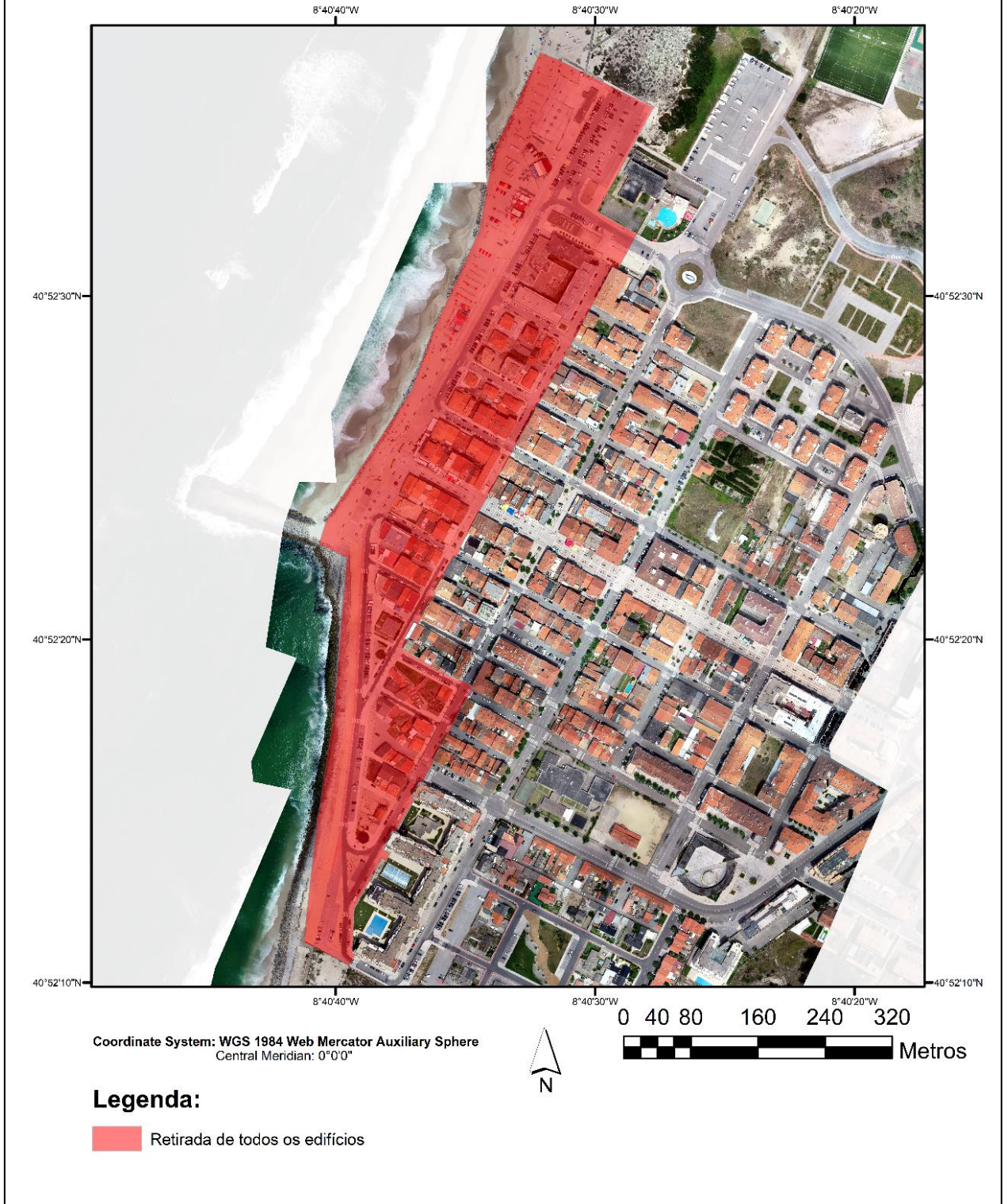


Figura 4. 20 Mapa da Fase 2, edificios a retirar.

Abordagem de Acomodação

Com a retirada planeada surge a oportunidade de requalificar a frente urbana de forma a aumentar a sua resiliência, através da abordagem de acomodação. Na figura 4.21 e 4.22 encontra-se o mapa da frente urbana dividida em Norte e Sul respetivamente e onde é possível observar as bacias de retenção, as tubagens e as barreiras amovíveis. Nas figuras 4.22, 4.23 e 4.24 é possível ver em detalhe a nova frente urbana que está dividida em Norte, Centro e Sul respetivamente. As novas infraestruturas presentes na frente urbana podem ser divididas em duas categorias de acordo com a sua função: Função de Encaminhamento de Águas e Função de Valorização.

FUNÇÃO DE ENCAMINHAMENTO DE ÁGUAS

O principal elemento que desempenha esta função é um muro semelhante ao da fase 1, no entanto este é mais alto (possui 3 metros) e no seu todo possui uma forma de arco, com um vértice na zona mais vulnerável a galgamentos. Esta forma pretende contribuir para a dissipação da energia das águas e facilitar o seu encaminhamento para o sistema de drenagem que, por incidir obliquamente no muro, facilita o encaminhamento destas para Sul minorando a sua capacidade destrutiva. Caso o muro fosse reto e perpendicular à direção da ondulação, ou até mesmo reto e assente na linha de costa, maior seria o risco de galgamento e mais rápida a sua degradação e que, aliás, é o que se sucede com os muretes existentes atualmente na frente da avenida e que, por não terem sido corretamente dimensionados para esta função, são frequentemente destruídos pela ação do mar.

À frente deste muro deverá ser colocada uma forma de encaminhamento das águas e que no presente caso se propõe a utilização duma vala com uma grelha cuja secção deverá ser calculada para os caudais de retorno e em função das tendências previsíveis dos galgamentos, embora condicionado pelo espaço disponível. Esta grelha deixa de ser plana à medida que se aproxima do vértice e da extremidade Sul do muro para ajudar à dissipação da energia dos galgamentos e se otimizar o escoamento de forma a se retirar o mais rapidamente o maior volume possível de água desta zona e encaminhá-las para as bacias de retenção planeadas para esse efeito. A Norte do esporão Norte existe algum espaço que pode ser aproveitado para a colocação de um pavimento ondulado ou rugoso com o intuito de ajudar a retirar a energia dos galgamentos que aqui venham a ocorrer, mas possibilitem a sua utilização para recreio lúdico ou das atividades para apoiar as funções de apoio balnear expectável para uma frente urbana costeira.

Nas zonas mais vulneráveis, ou seja, a Sul do esporão Norte, propõe-se implementar um segundo muro semelhante ao da fase 1, mas mais recuado, para fazer face a eventuais volumes de água que possam galgar o primeiro muro. Está ainda prevista a colocação de valas com grelhas na fronteira entre esta nova frente urbana e a primeira linha de habitações como o mesmo objetivo de encaminhamento das águas para as bacias de retenção.

FUNÇÃO DE VALORIZAÇÃO DO TERRITÓRIO

Na presente proposta e excepcionando a ciclovia, todas as infraestruturas fixas a colocar na frente urbana na zona Norte deverão ficar atrás do muro principal por forma a garantir a sua integridade em galgamentos que não ultrapassem o valor de projeto. Em relação à zona a Sul do esporão Norte e a título de exemplo avança-se com uma solução de blocos amovíveis que consistem em pequenas estruturas para fins vários, inclusive para uso habitacional do tipo *bungalows* que permitam regimes de aluguer durante o período balnear. Tais usos podem, por exemplo, ser explorados em regime de *time-sharing* a coberto de títulos de utilização do domínio hídrico (licenças, concessões e autorizações) com o objetivo de fomentar o turismo ou o recreio e contribuir positivamente para o desenvolvimento da economia local mas também podem servir como forma de compensação no quadro das medidas compensatórias a estabelecer entre o Estado e os proprietários dos edifícios alvo de retirada. Na atual proposta junto aos blocos amovíveis existe espaço para instalar 2 espaços verdes e um apoio de praia para servir os utilizadores da praia a Sul do Furadouro. Estes blocos podem ter diferentes soluções, sejam de piso térreo sejam integrados em estruturas em altura e desde que preparadas para receber módulos pré-fabricados, sendo que ao nível térreo todos os usos ou infraestruturas deverão ter carácter sazonal ou estarem dimensionadas para não interferirem na captação e encaminhamento das águas que possam resultar dos eventuais galgamentos.

Sendo a zona imediatamente a Sul do esporão a área mais problemática em termos de galgamentos, foram posicionadas estrategicamente 3 infraestruturas recreativas que funcionam como barreira ao mesmo tempo. No caso do anfiteatro e dos campos de jogos, estes estão desenhados para também eles resistirem ao efeito das águas caso se verifiquem galgamentos do muro principal junto ao vértice. Os campos de jogos são importantes em qualquer espaço público, no entanto neste caso em particular acabam por substituir algumas funções geralmente colocadas na praia já que a mesma não possui largura suficiente para a prática destes desportos. A Norte dos campos de jogos está prevista a implementação de espaços de valorização.

Fase 2 - Norte

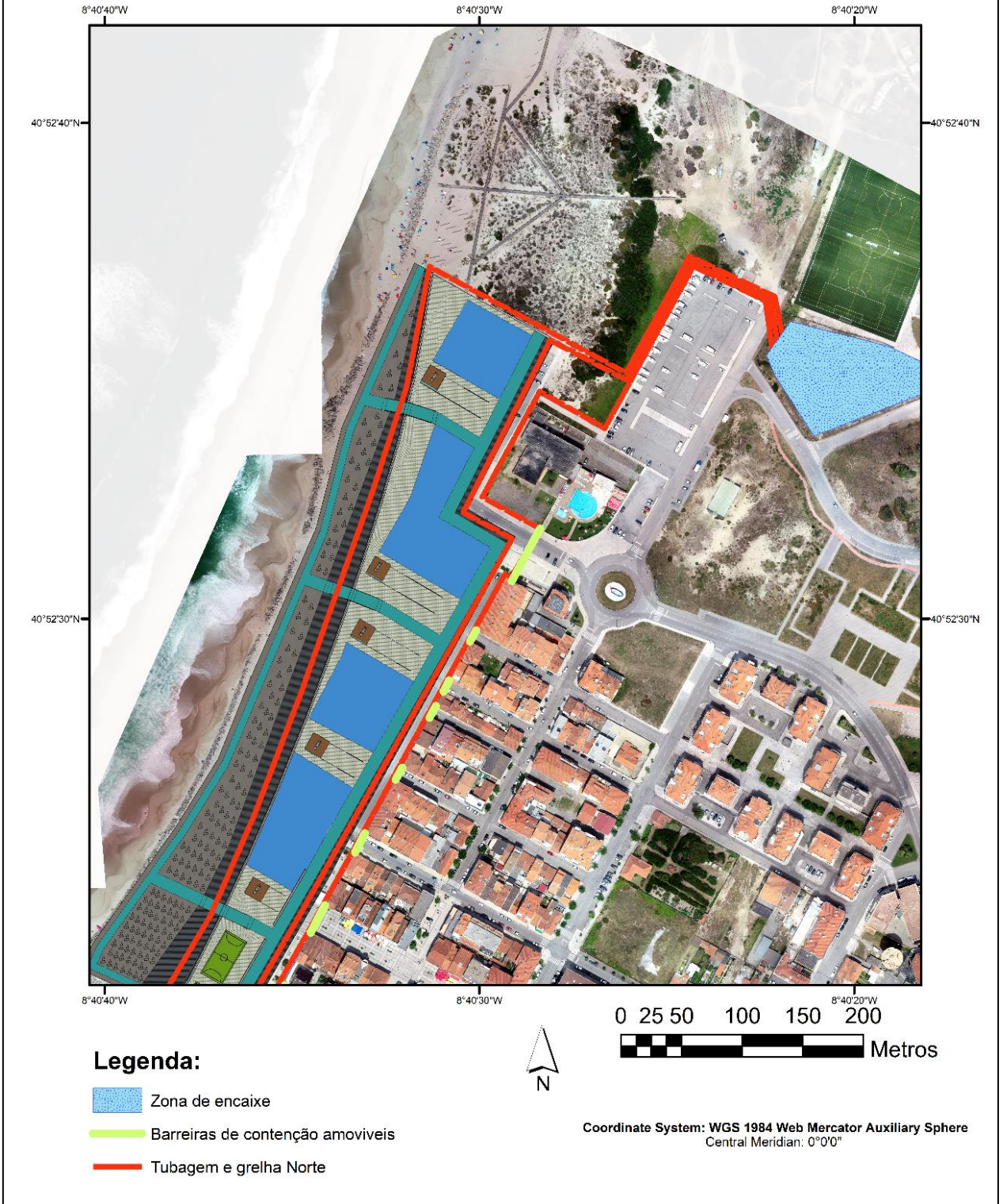


Figura 4. 21 Mapa da Fase 2, parte Norte.

Fase 2 - Sul

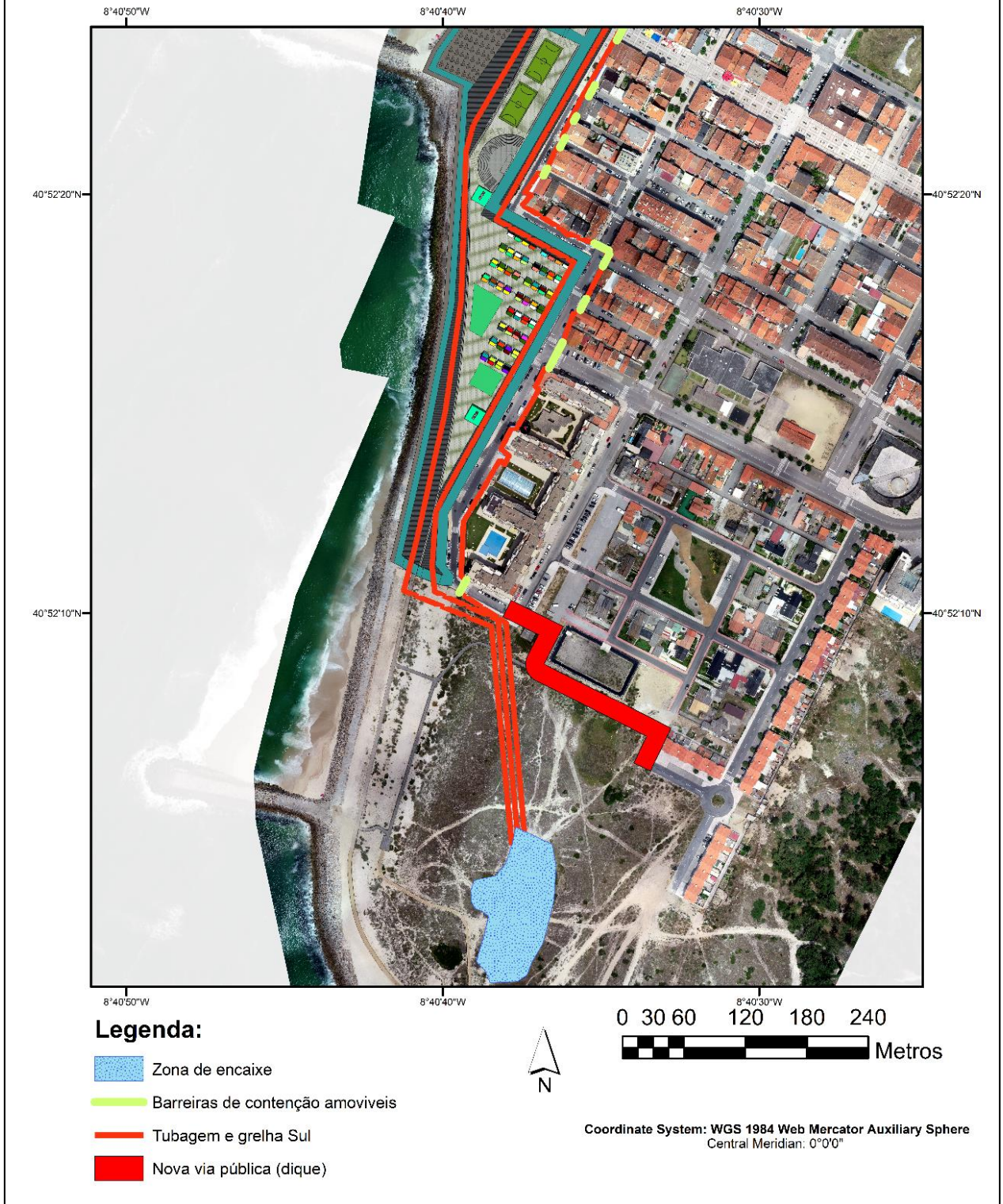


Figura 4. 22 Mapa da Fase 2, parte Sul.

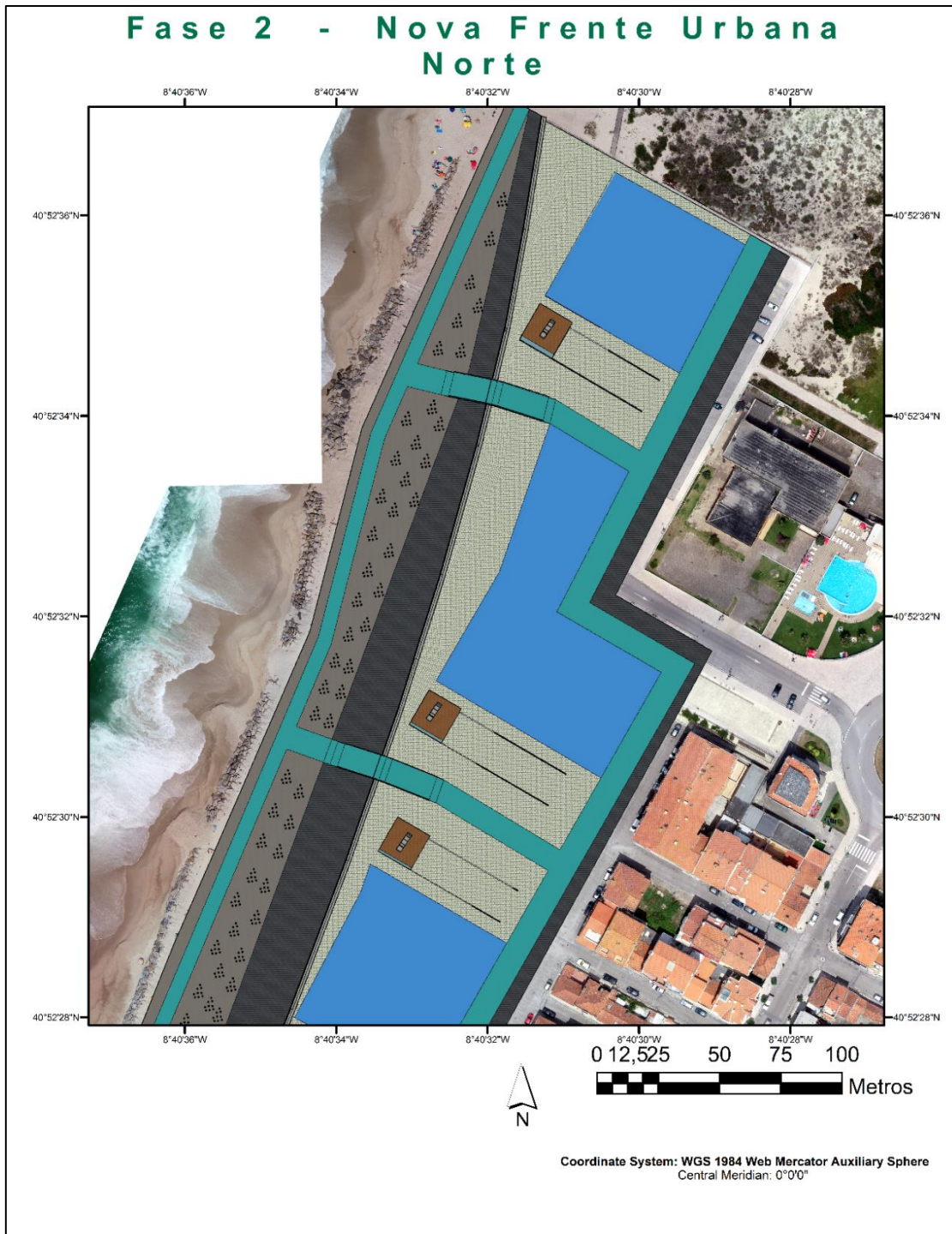


Figura 4. 23 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte Norte.

Legenda:

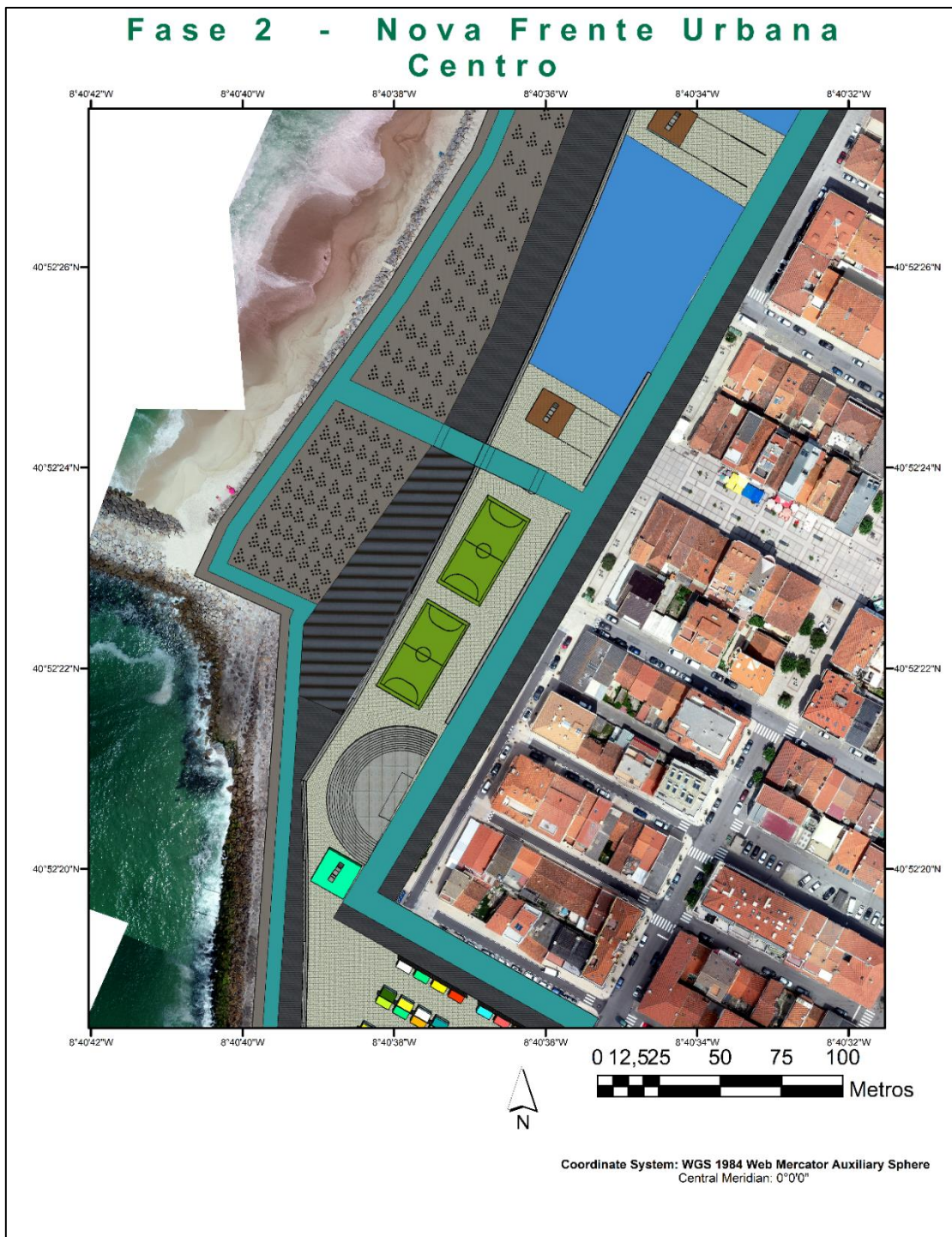


Figura 4. 24 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte central.

Legenda:

	Barreira de contenção		Pavimento permeável		Apoio de praia deslocável
	Pavimento sinuoso		Espaço verde		Blocos habitacionais de utilização sazonal
	Grelha plana		Espaço de valorização		Anfiteatro
	Grelha em pirâmide		Ciclovía		Campo de jogos

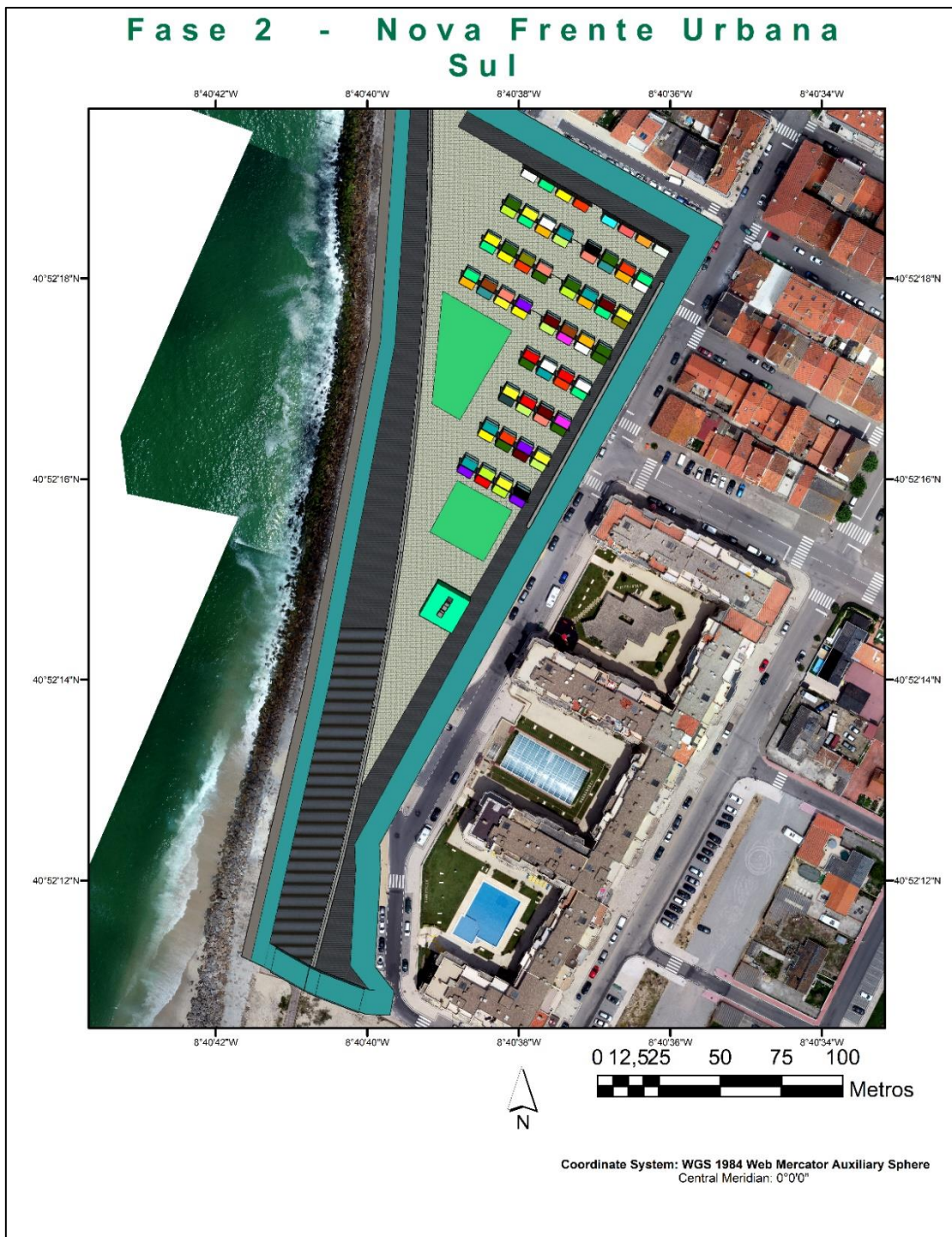


Figura 4. 25 Mapa da Fase 2, Nova Frente Urbana, parte Sul.

Legenda:

	Barreira de contenção		Pavimento permeável		Apoio de praia deslocável
	Pavimento sinuoso		Espaço verde		Blocos habitacionais de utilização sazonal
	Grelha plana		Espaço de valorização		Anfiteatro
	Grelha em pirâmide		Ciclovía		Campo de jogos

Seguidamente apresentam-se imagens do desenho em 3D de alguns pormenores dos elementos que se propõe implementar na frente urbana e que importa mencionar. Na figura 4.26 encontram-se os elementos na zona centro, junto ao vértice e onde é necessária uma presença mais forte de estruturas que dificultem a progressão da água. É possível observar, da esquerda para a direita, uma grelha para escoamento, a ciclovia, o muro secundário, o anfiteatro, um dos campos de jogos e o muro principal.

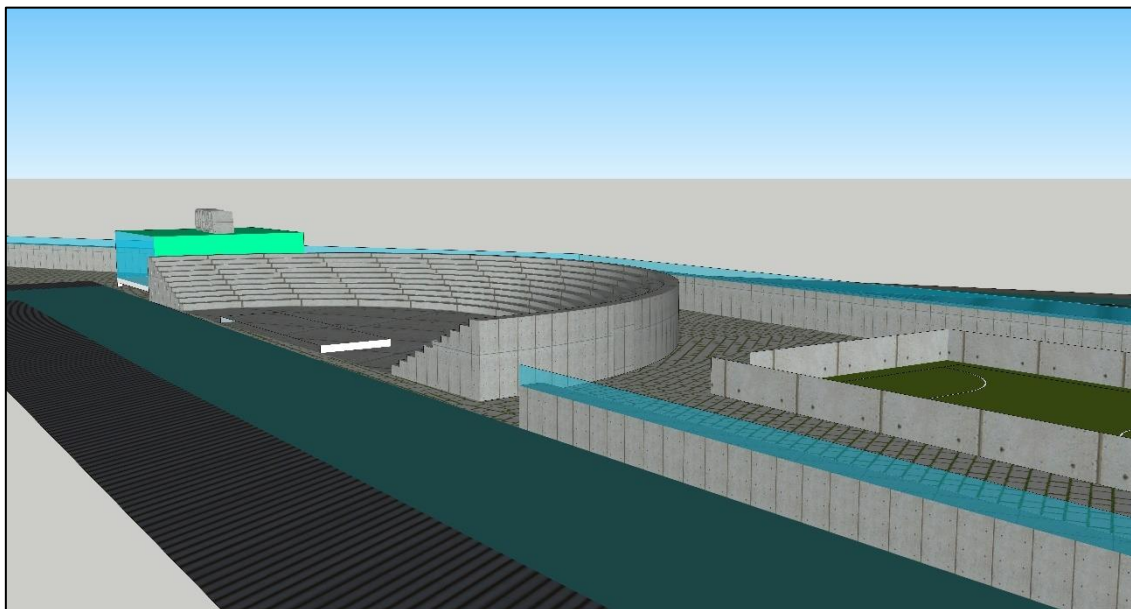


Figura 4. 26 Estruturas na zona central da frente urbana (fase 2).

Na figura 4.27 é observa-se uma das rampas de acesso à praia. Estas rampas deverão ter uma barreira no topo para impedir a progressão da água. De referir ainda os apoios de praia que, para além de estarem sobrelevados, deverão estar assentes num sistema que permita o seu deslocamento de forma a estarem mais próximos da linha de costa no Verão e mais recuados nas restantes estações. Observam-se ainda o muro principal, grelha para escoamento das águas, pavimento sinuoso ou rugoso e pavimento permeável. A figura 4.28 mostra o desenho conceptual dos blocos amovíveis e que são um exemplo de soluções para se conseguir algum retorno financeiro ou como medida de compensação para os proprietários dos edifícios a retirar.

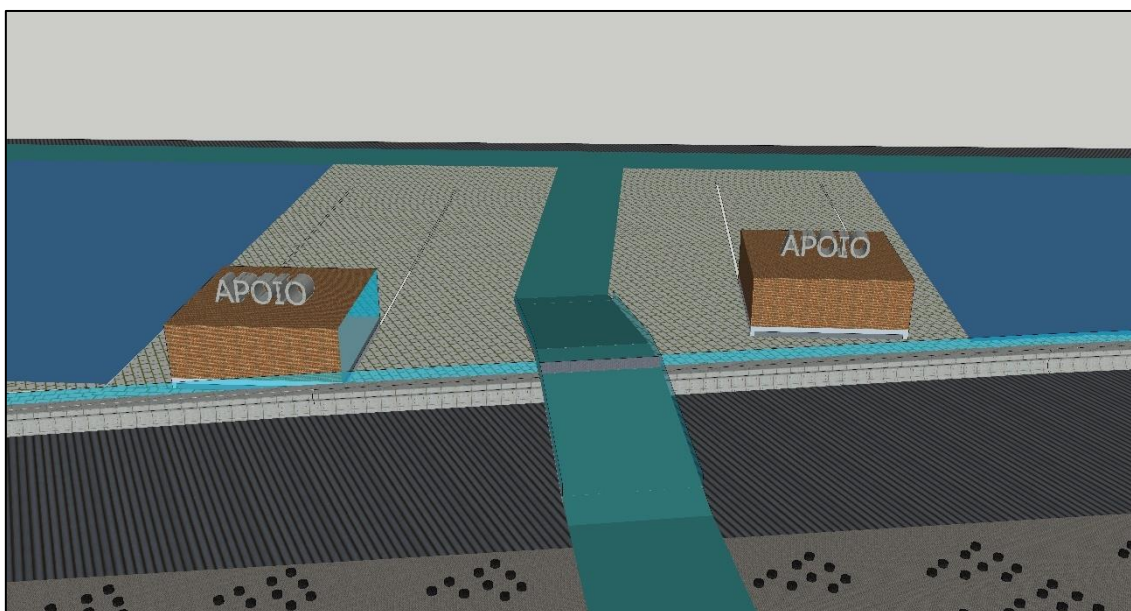


Figura 4. 27 Pormenor da rampa de acesso e apoios de praia móveis que se aproximam da linha de costa na época balnear (fase 2).

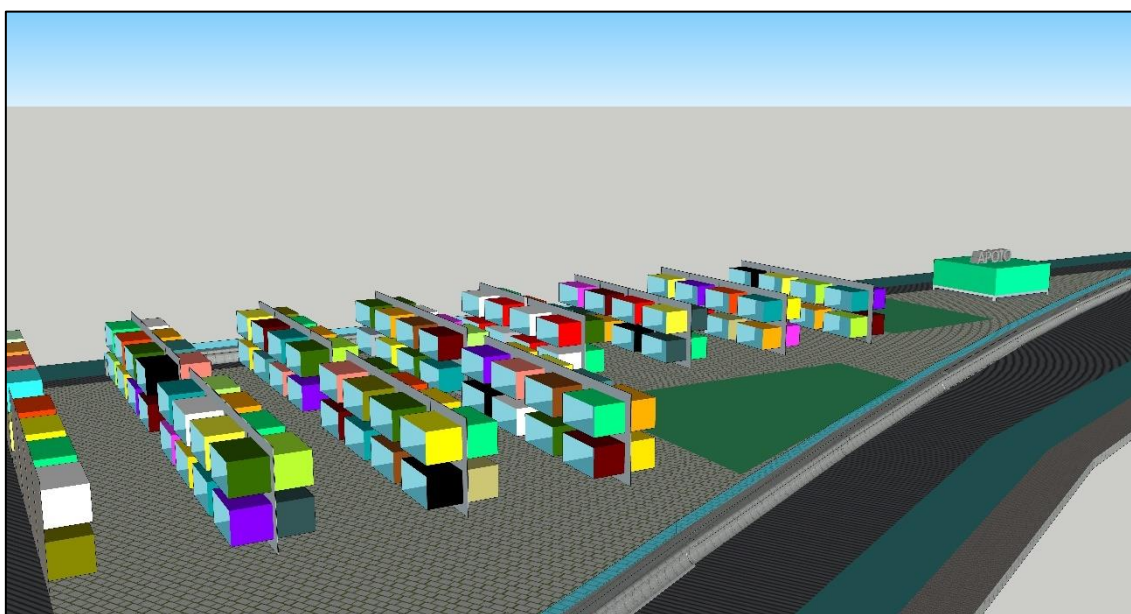


Figura 4. 28 Representação dos blocos amovíveis.

O Furadouro possui ainda uma particularidade que é necessário acautelar já nesta fase. Como já foi discutido no capítulo da caracterização da área de estudo, a zona de encaixe a Sul encontra-se a cotas muito baixas. Se a tendência de erosão a Sul da obra aderente continuar, e tendo em conta o desequilíbrio do sistema dunar, o mar poderá progredir com relativa facilidade invadindo não só a zona que se destinou para o encaixe das águas mas, sobretudo, poder atingir as habitações na parte mais a Sul do aglomerado, apesar da distância considerável à linha de costa (obra aderente). Deste modo, é recomendável proteger este flanco, proteção essa que pode assumir a forma de uma via pública sobrelevada de forma a que possa funcionar como um

dique e assim proteja a zona sul do aglomerado e complexo de apartamentos aí existentes e como forma de eventuais avanços do mar por esta zona (figura 4.29).

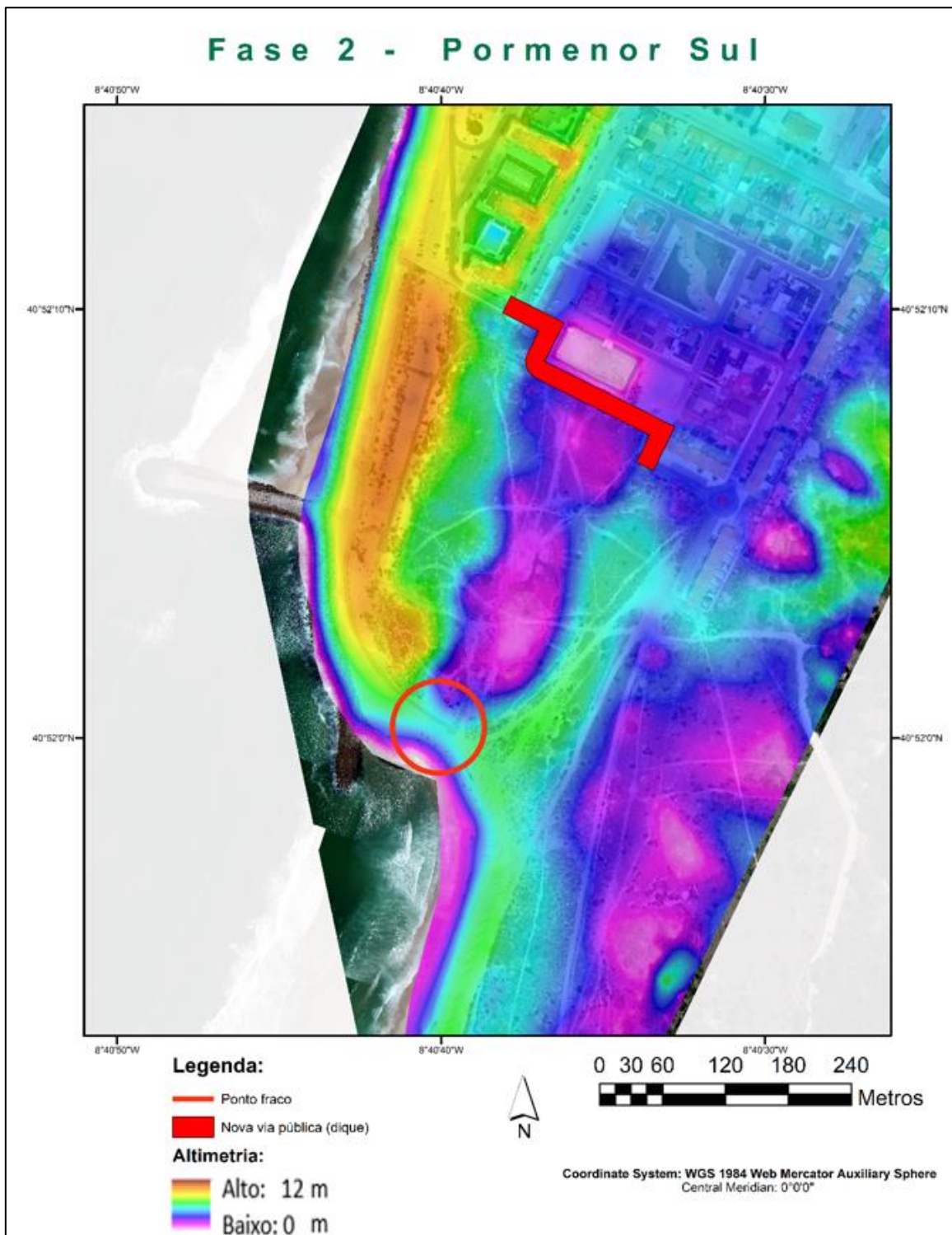


Figura 4. 29 Mapa da Fase 2, ponto fraco a Sul do aglomerado.

Investimento

Uma estimativa rápida do investimento a realizar para implementar a fase 2 encontra-se no anexo 5. Os gráficos da figura 4.30 relativos ao ano 0 e seguintes, indicam a proporção do investimento necessário para cada abordagem. Considerando o ano zero e ao contrário das fases 1A e 1B, o grosso da despesa divide-se entre a abordagem de retirada planeada e a abordagem de acomodação. Posteriormente, a abordagem acomodação aloca 100% das verbas por ser a única em efeito. Estima-se um investimento inicial de 31,8 M€ e de 3,5 M€ em 2023, valor que se repete a cada 5 anos, acrescido de inflação. Na tabela 4.6 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto – Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro, com a implementação desta fase.

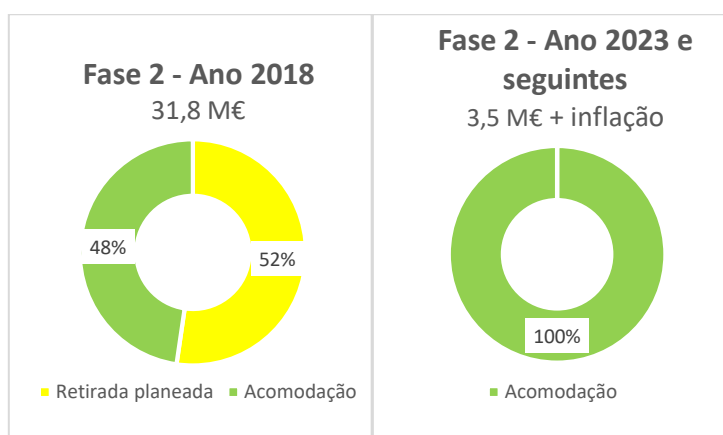







Figura 4. 30 Peso relativo de cada abordagem – Fase 2

Tabela 4. 9 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 2.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa	☹️
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa	☹️
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa	😊
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco	☹️
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa	😊
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos	😊
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	😊

Tabela 4. 10 – Continuação. Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 2.

Princípios		Situação
Acesso ao Litoral	A transposição dunar deve ser limitada à circulação à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais	
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos	N.A
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem	
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa	
	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos	N.A
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável	
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área	

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

A figura 4.31 é uma representação em 3D do aglomerado urbano do Furadouro atual. Já a figura 4.32 enquadra a proposta de adaptação da nova frente urbana no aglomerado e que inclui retirada planeada e acomodação tal como atrás exposta e que se baseia nos seguintes princípios:

- 1 - Recuo da frente urbana para minimizar riscos de galgamento;
- 2 - Criação de um espaço tampão onde se combinam soluções de valorização da frente urbana à base de usos amovíveis para valorizar a atividade balnear, turística e até permitir alguma compensação económica;
- 3 - Ao mesmo tempo que se implementam soluções para dissipar a energia das águas provenientes de galgamentos e seu fácil encaminhamento para zonas de encaixe.



Figura 4. 31 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT.



Figura 4. 32 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT e frente urbana desenhada no Sketchup.

4.4 FASE 3

Abordagem de Retirada Planeada

Para a fase 3 é necessário retirar 42 679 m² de área edificada, que correspondem aos dois quarteirões mais próximos da linha de costa. A zona alvo de requalificação encontra-se na figura 4.32 e possui 246 710m².

Fase 3 - Retirada Planeada

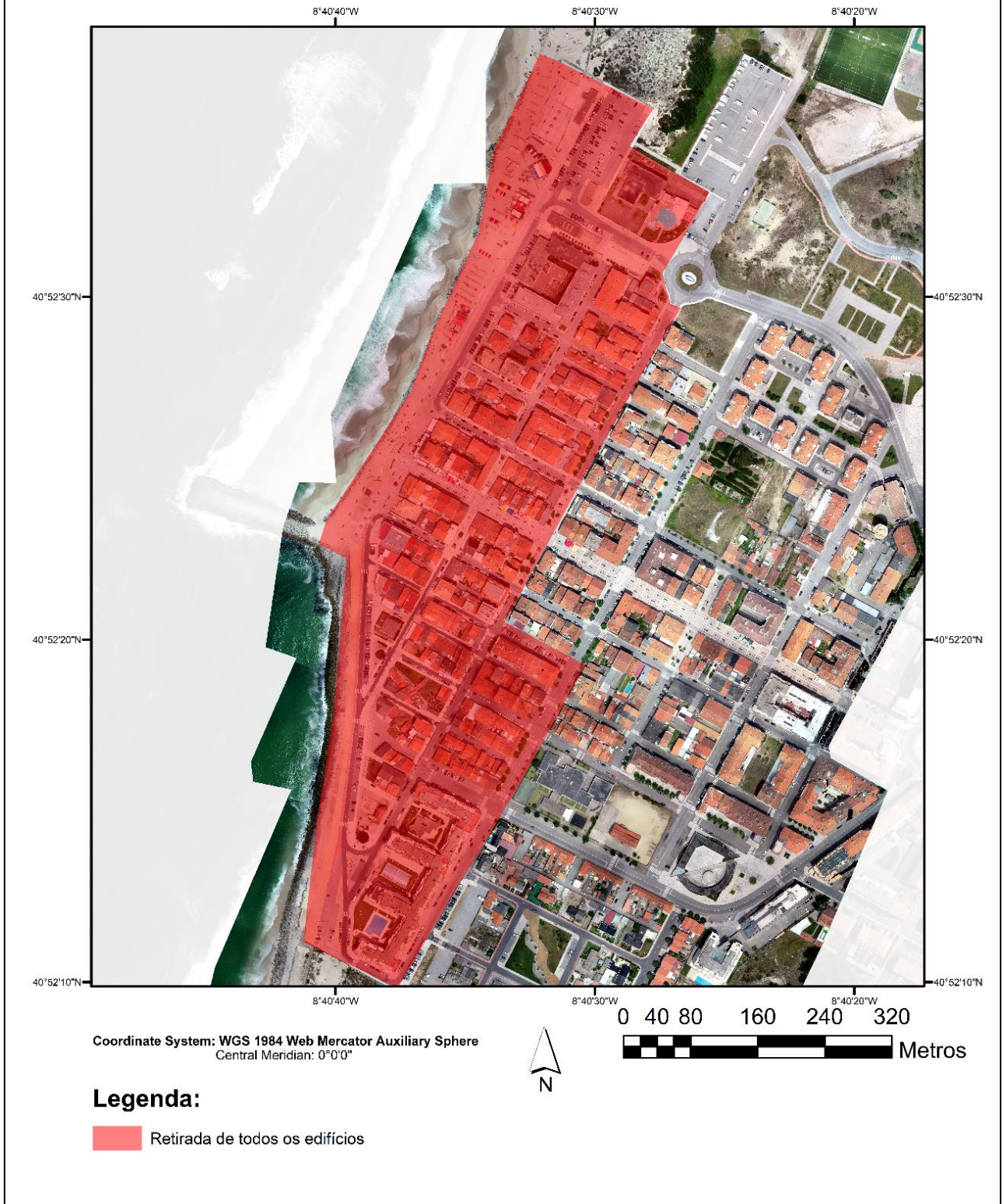


Figura 4. 33 Mapa da Fase 3, edificios a retirar.

Abordagem de Acomodação

A fase 3 assemelha-se à fase 2 e só será objeto de implementação como último recurso e caso se registre um franco agravamento das condições de risco. Esta proposta envolve mais um quarteirão em relação à fase anterior o que permitirá colocar as estruturas de acomodação mais recuadas. Os espaços de valorização são maiores o que por um lado aumenta despesas, mas por outro lado favorece condições para que resiliência da frente urbana seja aumentada e consoante o tipo de estruturas a implementar nestes espaços e também cria condições para que possa haver um maior retorno financeiro através de ações sazonais que valorizem a frente proposta desocupar. Nas figuras 4.34 e 4.35 é possível observar a frente urbana e o sistema de encaminhamento de água para as zonas de encaixe. De referir que existe uma faixa de terreno, a laranja, que corresponde à área que é previsível poder vir a ser abandonada no futuro admitindo-se soluções de total abandono das atuais estruturas de defesa ou de serem intervencionadas consoante as opções a tomar, não se excluindo soluções onde esta tenda a se transformar numa obra destacada. Nas figuras 4.36, 4.37 e 4.38 é possível ver com mais detalhe a localização espacial dos elementos da nova frente urbana.

Fase 3 - Norte

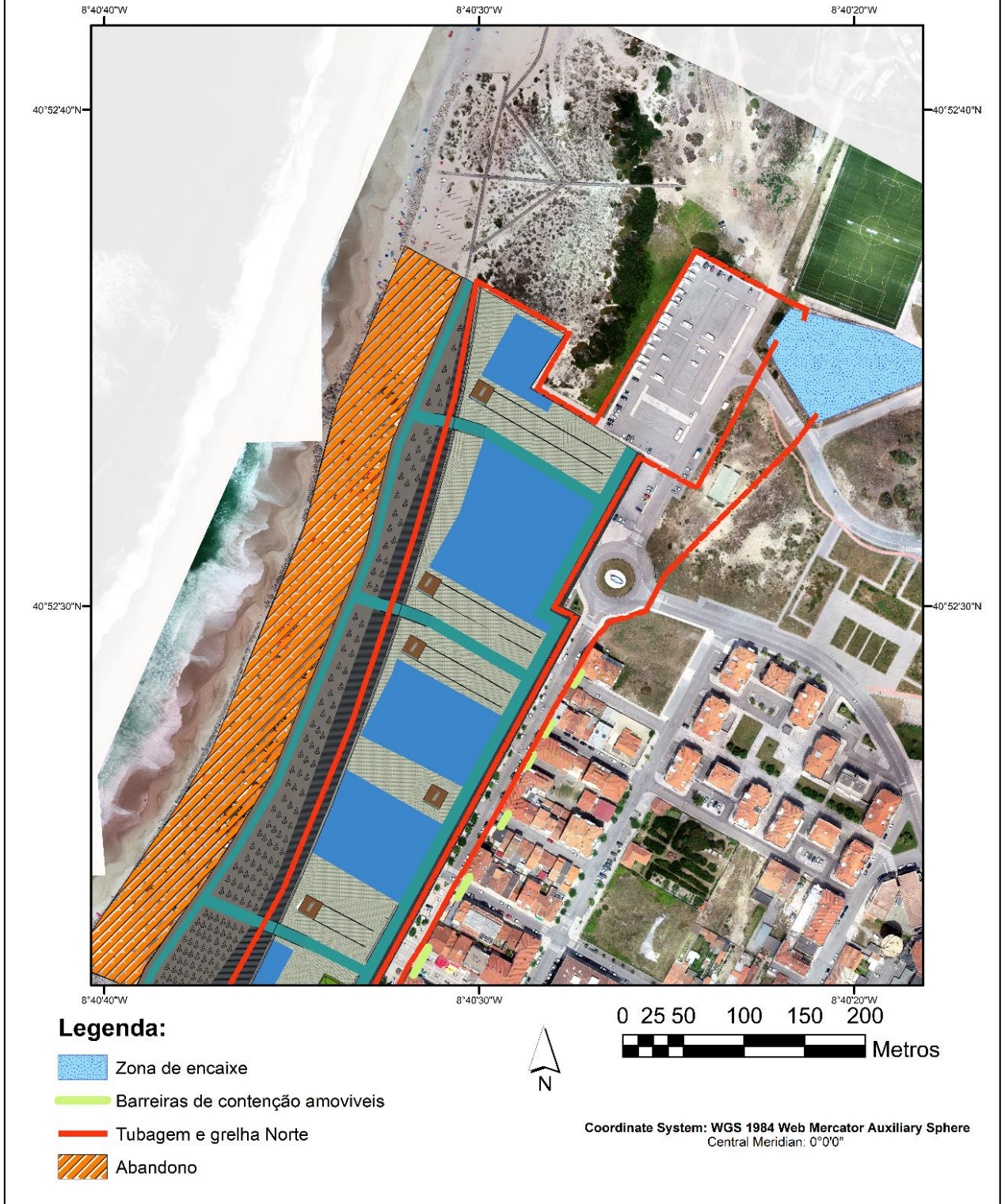
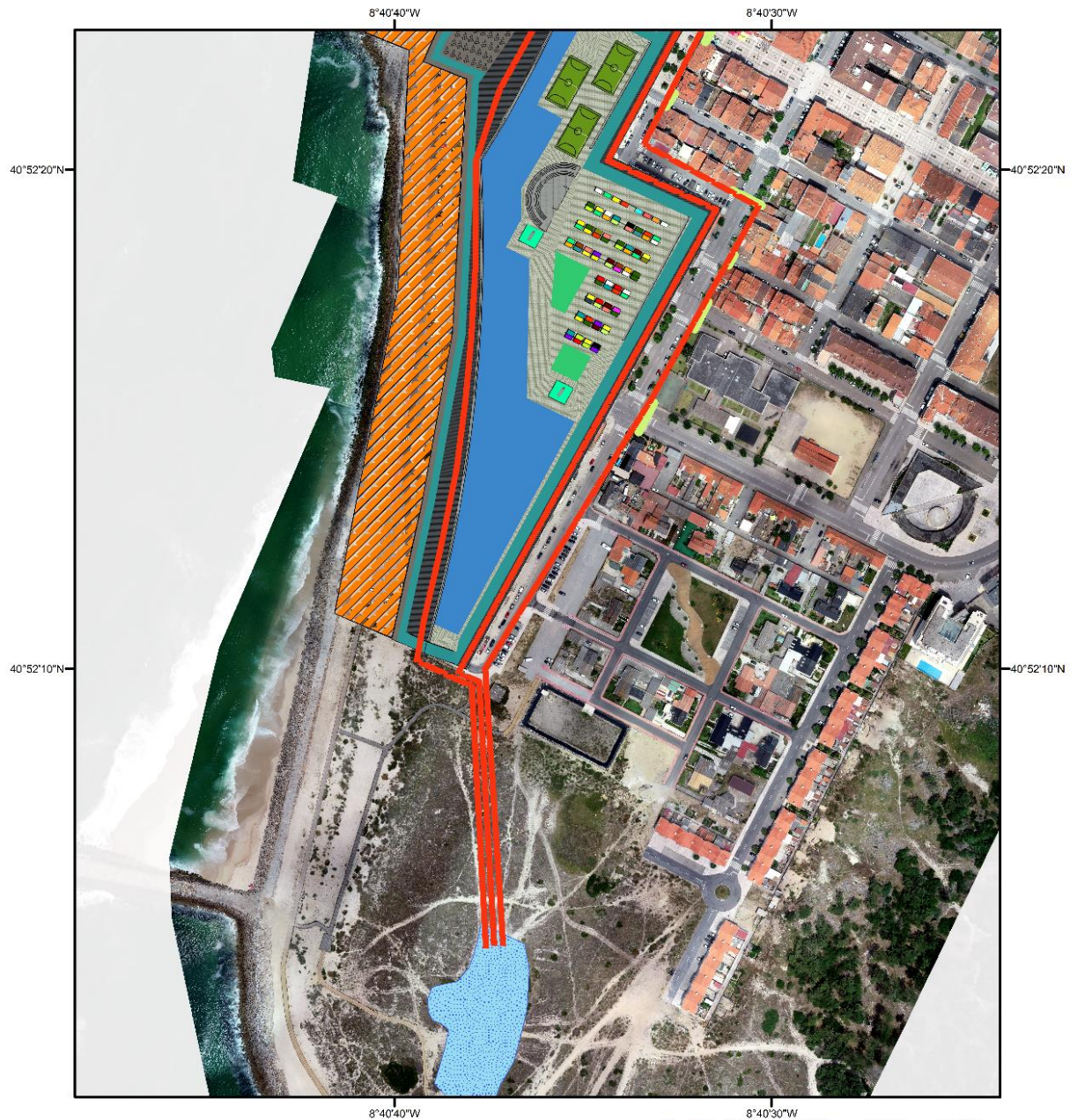






Figura 4. 34 Mapa da Fase 3, parte Norte.

Fase 3 - Sul



Legenda:

-  Zona de encaixe
-  Barreiras de contenção amovíveis
-  Tubagem e grelha Sul
-  Abandono



Coordinate System: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
Central Meridian: 0°0'0"

Figura 4. 35 Mapa da Fase 3, parte Sul.

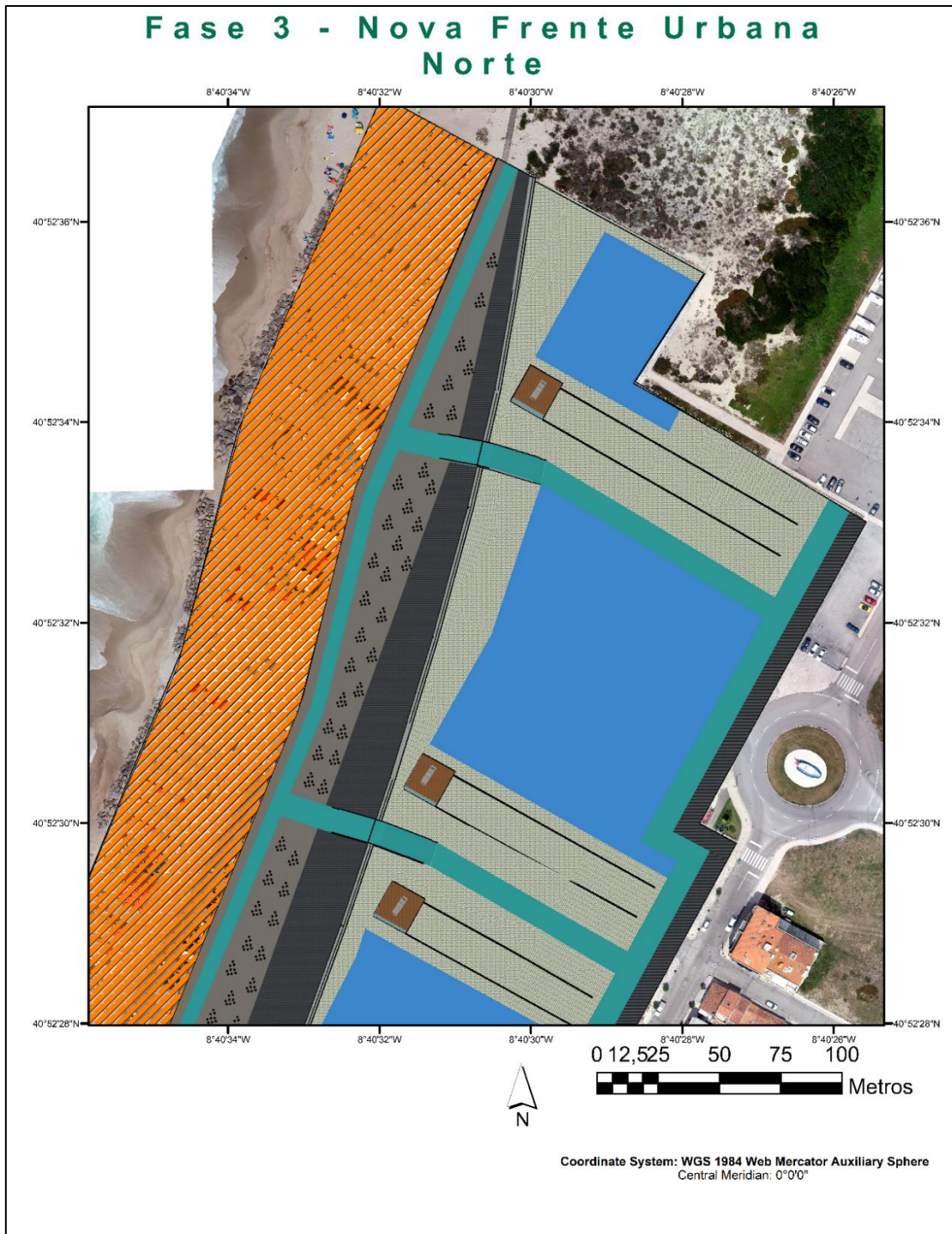














Figura 4. 36 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, parte Norte.

Legenda:

 Barreira de contenção	 Pavimento permeável	 Apoio de praia deslocável
 Pavimento sinuoso	 Espaço verde	 Blocos habitacionais de utilização sazonal
 Grelha plana	 Espaço de valorização	 Anfiteatro
 Grelha em pirâmide	 Ciclovía	 Campo de jogos

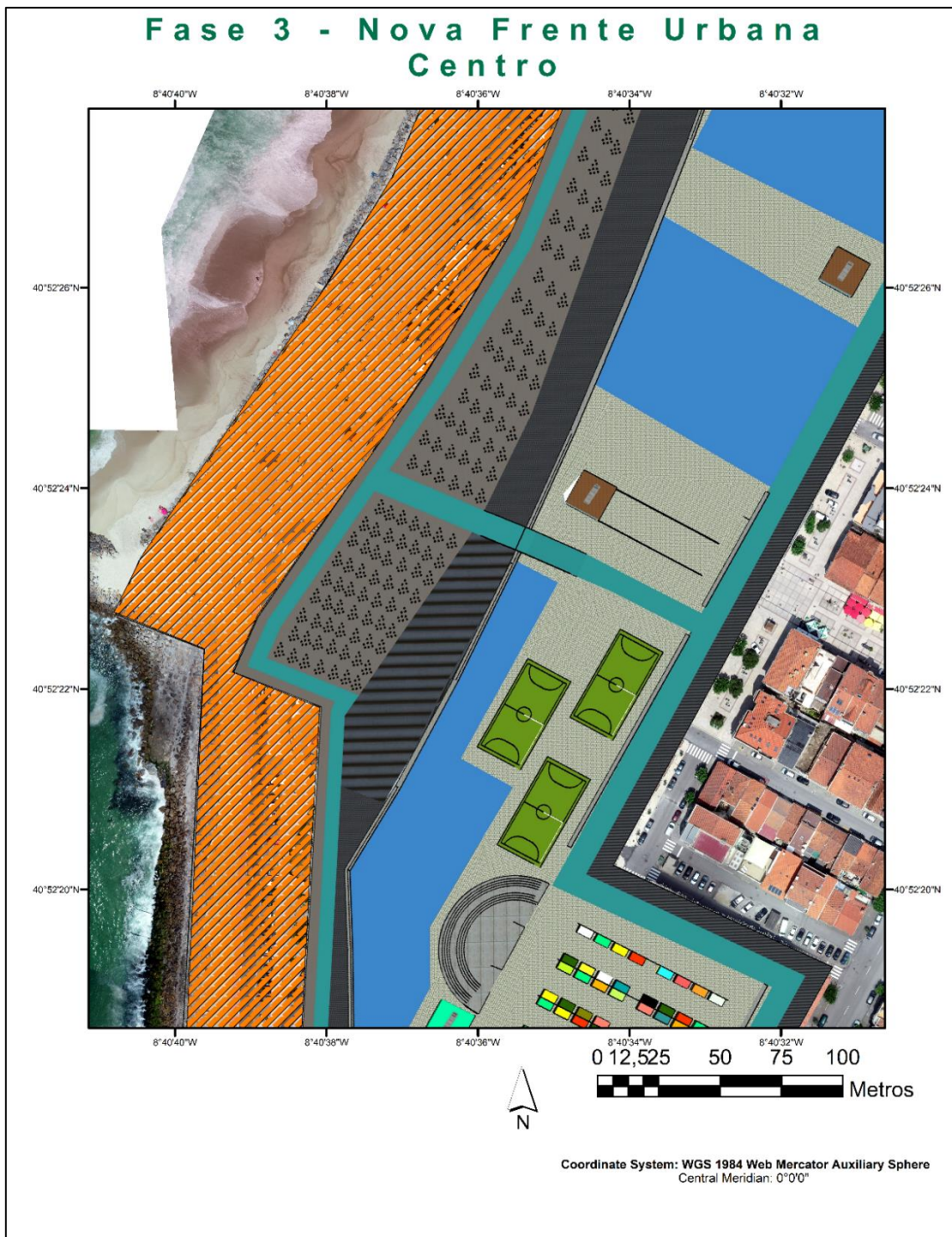














Figura 4. 37 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, Centro.

Legenda:

 Barreira de contenção	 Pavimento permeável	 Apoio de praia deslocável
 Pavimento sinuoso	 Espaço verde	 Blocos habitacionais de utilização sazonal
 Grelha plana	 Espaço de valorização	 Anfiteatro
 Grelha em pirâmide	 Ciclovia	 Campo de jogos

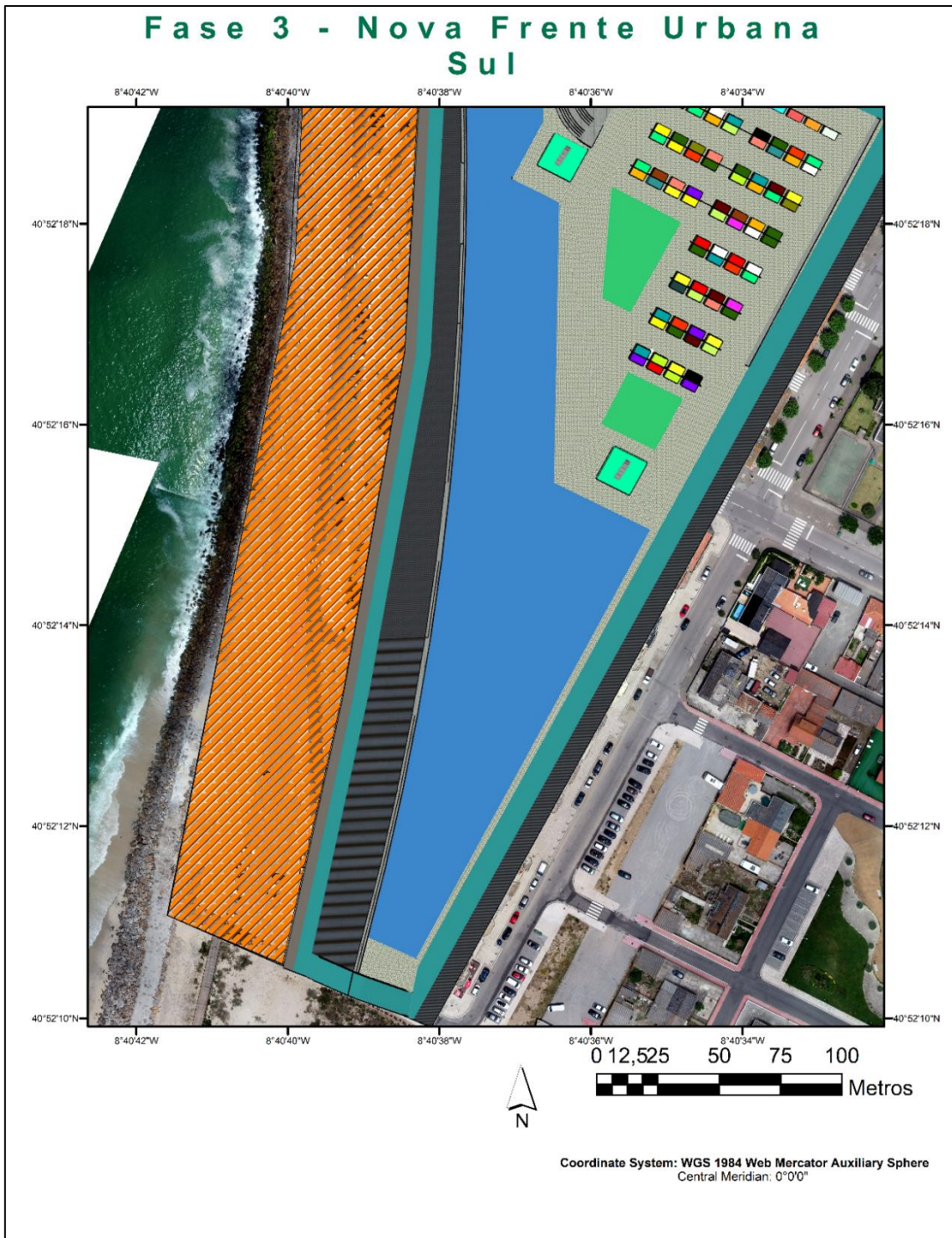


Figura 4. 38 Mapa da Fase 3, Nova Frente Urbana, parte Sul.

Legenda:

- | | | | | | |
|--|-----------------------|--|-----------------------|--|--|
| | Barreira de contenção | | Pavimento permeável | | Apoio de praia deslocável |
| | Pavimento sinuoso | | Espaço verde | | Blocos habitacionais de utilização sazonal |
| | Grelha plana | | Espaço de valorização | | Anfiteatro |
| | Grelha em pirâmide | | Ciclovía | | Campo de jogos |

No anexo 6 encontra-se uma estimativa rápida do investimento a realizar para implementar a fase 3. Os gráficos da figura 4.39, relativos ao ano 0 e seguintes, enfatizam as abordagens que alocam o grosso do investimento. No ano zero, a abordagem de retirada planeada ganha ainda mais relevância que na fase anterior. Estima-se um investimento inicial de 48,6 M€ e de 3,6 M€ em 2023, valor que se repete a cada 5 anos, acrescido de inflação. Na tabela 4.7 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro, com a implementação desta fase.

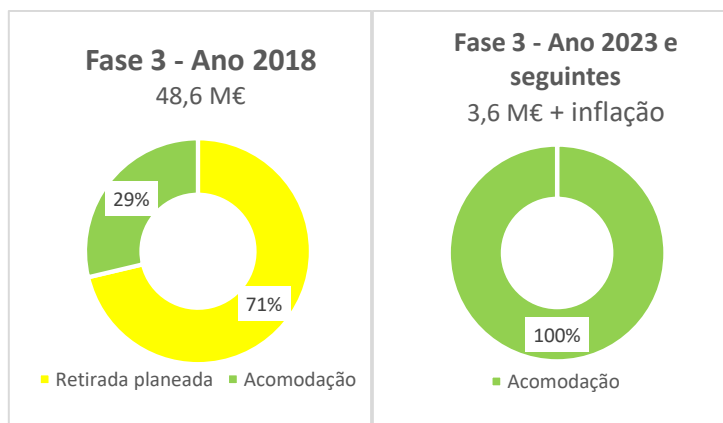


Figura 4. 39 Peso relativo de cada abordagem – Fase 3.

Tabela 4. 11 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 3.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa	☹️
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa	☹️
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa	😊
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco	☹️
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa	😊
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos	😊
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	😊
	A transposição dunar deve ser limitada à circulação à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais	😊
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos	N.A

Tabela 4.12 – Continuação. Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 3

Princípios		Situação
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem	☹️
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa	😊
	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos	N.A.
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável	😊
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área	😊

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

A figura 4.41 é uma representação em 3D do aglomerado urbano do Furadouro como se encontra atualmente. A figura 4.42 mostra como resulta a frente urbana do aglomerado com implementação das 3 fases atrás referidas.



Figura 4. 40 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT.



Figura 4. 41 Vista do Furadouro em 3D, nuvem de pontos obtida através de VANT e frente urbana desenhada no Sketchup.

4.5 FASE 4

A fase 4 apenas engloba a abordagem de retirada planeada. Serão necessários aproximadamente 100 milhões de euros para implementar esta abordagem, pressupondo a demolição e compensação dos proprietários de todos os edifícios presentes na zona vermelha da figura 4.43. Esta fase só deverá ser implementada num cenário extremo em que não é sustentável do ponto de vista financeiro defender o aglomerado dado o agravamento dos fatores que contribuem para o recuo da linha de costa. A fase 4 pressupõe ou o abandono ou a renaturalização artificial da zona costeira, o que significa um grande impacto para a comunidade local sendo que embora constitua uma mais valia do ponto de vista ambiental, tem um maior impacto ao nível económico. Na tabela 4.8 são enumerados os princípios a seguir na ocupação, uso e transformação da faixa costeira (Decreto – Lei nº 302/90 de 26 de Setembro) e a situação (incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento) no Furadouro, com a implementação desta fase.

Fase 4 - Retirada Planeada

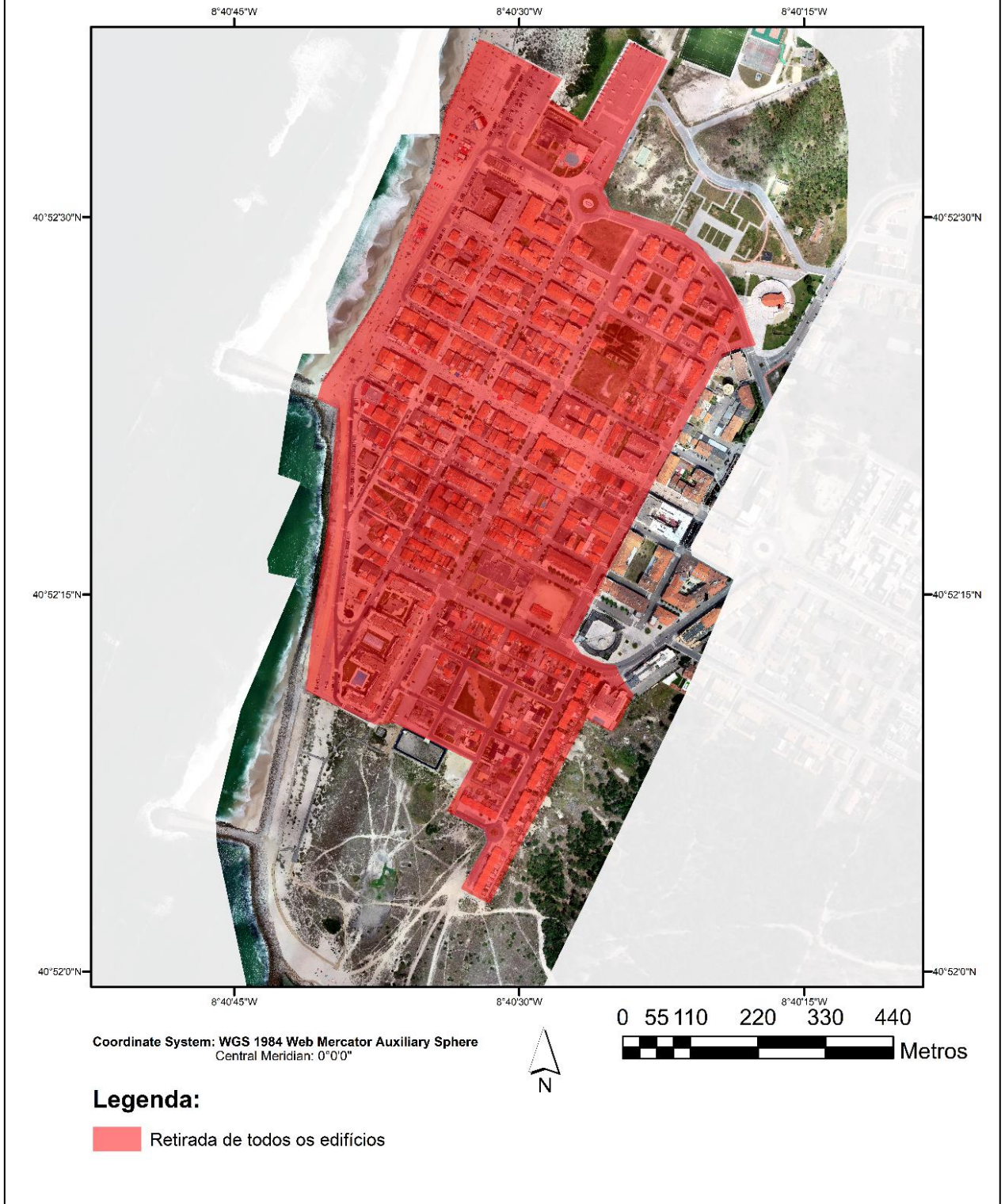














Figura 4.42 Mapa da Fase 4, edificios a retirar.

Tabela 4. 13 Princípios em anexo no Decreto-Lei nº 302/90 de 26 de Setembro – Fase 4.

Princípios		Situação
Ocupação do Solo	As edificações devem ser afastadas da linha da costa	
	Evitar o desenvolvimento linear das edificações ao longo da costa	
	A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida em forma de cunha, estreitando à medida que se aproxima da costa	
	Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevado risco	
Acesso ao Litoral	Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à costa	
	O acesso ao litoral deve ser promovido através de ramais perpendiculares à linha de costa localizados em pontos criteriosamente escolhidos	
	Devem ser usados pavimentos permeáveis nos parques de estacionamento	
	A transposição dunar deve ser limitada à circulação à circulação pedonal que deve ser efetuada através de passadiços sobrelevados e colocados perpendicularmente à direção dos ventos dominantes aproveitando, se possível, passagens naturais	
Infraestruturas	As redes de distribuição de água, de eletricidade, de saneamento e de telecomunicações, fora dos aglomerados devem ser subterrâneas e limitadas às necessidades dos serviços públicos	N.A.
Construções e Espaços Verdes	As edificações devem integrar-se na paisagem	
	A densidade de ocupação deve decrescer com a aproximação à linha de costa	
	Nos aglomerados urbanos existentes, a altura das novas edificações não deve ultrapassar a cêrcea mais corrente na rua ou quarteirão, de modo a não criar situações dissonantes	N.A.
	Fora dos aglomerados urbanos, não devem ser autorizadas edificações com mais de dois pisos	N.A.
	O aspeto exterior das construções (cor, materiais, coberturas) deve harmonizar-se com as características das construções tradicionais da região onde se inserem	N.A.
	As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável	
	A vegetação a utilizar nos espaços livres deve ser selecionada entre espécies características da área	

Legenda:



- Em cumprimento



- Em incumprimento



- Em cumprimento parcial

N.A. – Não Aplicável

4.6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS DIFERENTES FASES

Investimento

O investimento necessário para cada fase a cada 5 anos encontra-se no gráfico da figura 4.43. Como auxílio na análise do esforço financeiro necessário para cada fase, foi criada uma Fase 0 que corresponde à estratégia de defesa (alimentação artificial, manutenção do esporão e obra aderente). A linha correspondente a esta fase é o azul tracejado. Comparando esta linha com as restantes (menos a da fase 4), constata-se que a maioria do dinheiro é alocado para a abordagem de defesa.

No geral, verifica-se que existe uma tendência linear de aumento dos valores, isto deve-se ao coeficiente do índice de preços. Este aspeto é relevante porque, em relação à abordagem de retirada, esta fica mais cara se for efetuada progressivamente do que no imediato.

As linhas a laranja e vermelho correspondem às fases 1A e 1B, respetivamente, e como tal, apenas alcançam o horizonte de 2028. O custo no ano zero é mais baixo em relação às outras fases. A fase 2, linha a verde claro, já implica um esforço inicial significativo, perto de 40 milhões de euros. No ano 5 este valor desce para metade. A fase 3 possui um comportamento semelhante, apenas envolve um esforço ainda mais significativo no ano zero, por possuir uma área de retirada maior.

Comparando as fases 1, 2 e 3 é possível concluir que os custos decorrentes a cada 5 anos são semelhantes, o que difere é o investimento inicial. Deste modo, é mais vantajoso implementar a fase 3 logo que possível, dado que esta é significativamente melhor a nível de resiliência que as anteriores.

A linha a amarelo corresponde à fase 4. O investimento no ano zero é extremamente significativo, 100 milhões de euros, mas não possui custos posteriores. Já a linha a castanho corresponde à implementação progressiva das diferentes fases (valores detalhados no anexo 7). Fase 1B no ano zero, fase 2 no ano 10, fase 3 no ano 20 e fase 4 no ano 50. Os picos nos gráficos correspondem à mudança de fase e devem-se ao investimento necessário para implementar as abordagens de retirada. De realçar que a retirada dos edifícios da fase 4, que ao ser implementada depois da fase 3 são menos que se fosse implementada no ano zero, sai mais cara que a totalidade dos edifícios no ano zero devido ao índice de preços.

Nas linhas das fases 0, 2 e 3 verifica-se que o aumento do investimento é mais significativo nos anos 10, 20, 30 e 40 do que nos anos 5, 15, 25, 35 e 45 isto porque o valor de alimentação artificial difere nestes intervalos (nas zonas críticas será feito anualmente e nas outras trianualmente, logo, entre os anos 5, 15, 25, 35 e 45 a alimentação das zonas não críticas terá sido feita 2 vezes e nos anos 10, 20, 30 e 40 apenas uma vez.

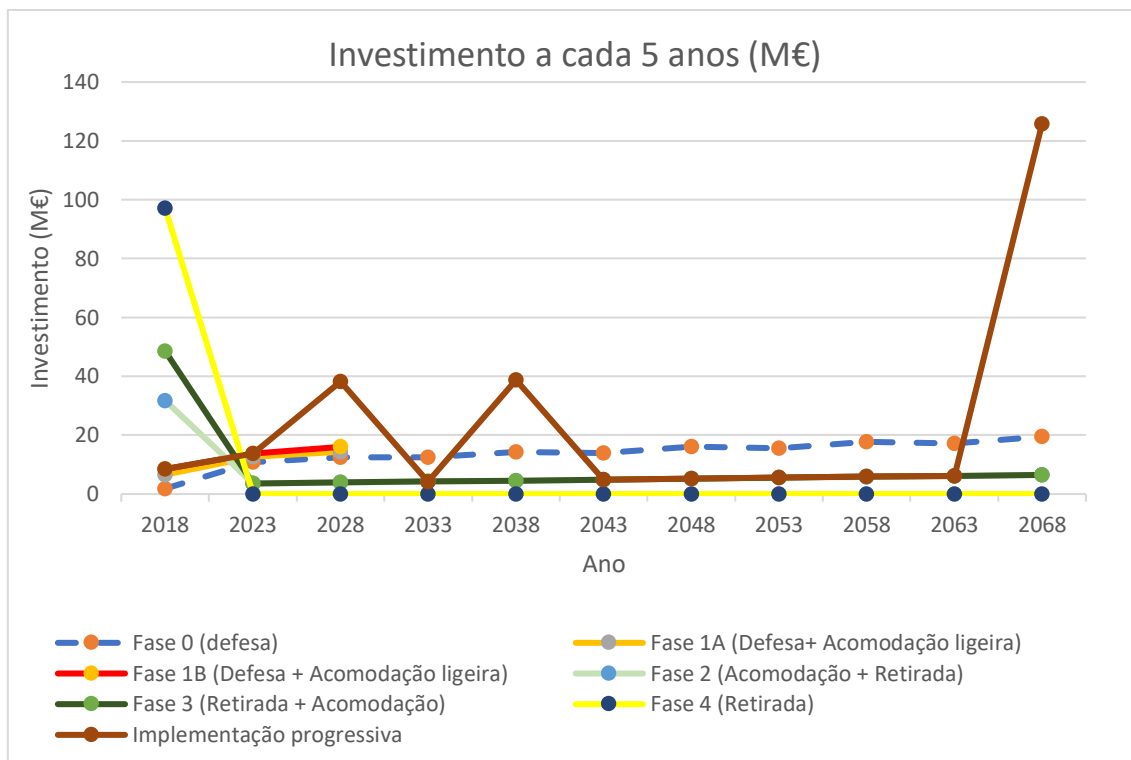


Figura 4.43 Estimativa de investimento necessário a cada 5 anos para cada fase em milhões de euros.

O investimento necessário acumulado para cada fase encontra-se na figura 4.44. A fase 2, que possui a abordagem de acomodação e retirada planeada é aquela que acarreta menos custos a longo prazo. Sendo inicialmente pesada em termos financeiros, porque envolve retirada, começa a ser mais vantajosa após 2028. Relativamente à situação atual (apenas defesa) esta acarreta menos custos acumulados até 2028, no entanto, há que ter em consideração que as defesas atuais no futuro serão insuficientes para a segurança do aglomerado pelo que é plausível que a estes custos serão certamente agravados com a previsível reparação do edificado e de infraestruturas.

Em relação à fase 4, que implica o abandono das defesas, há que ter em consideração que nesta zona se verifica um recuo da linha de costa, pelo que, eventualmente, o mar chegará até a nova primeira linha de edifícios pelo que quando tal acontecer será necessário reavaliar a necessidade de nova retirada ou defesa e acomodação do aglomerado. Tal efeito pode ser evitado através de um plano de alimentação artificial para toda a subcélula.

A linha de defesa parece crer assumir um comportamento exponencial, ao contrário das linhas da fase 2, 3 e 4 pelo que a longo prazo, a intenção de aguentar a linha de costa com obra pesada saí bastante mais cara que a intenção de retirar e acomodar.

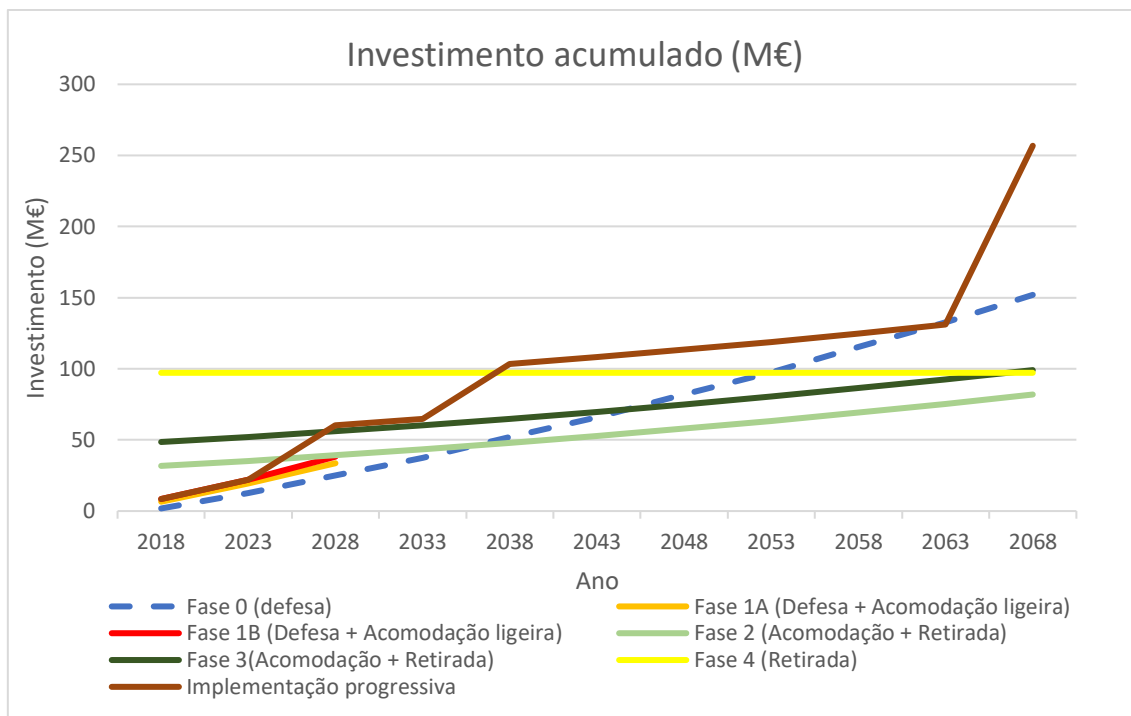


Figura 4. 44 Investimento acumulado necessário para cada fase em milhões de euros.

Para fazer uma avaliação comparativa entre as diferentes fases recorreu-se ao método SWOT (*strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*).

Fase	Forças	Fraquezas
Fase 1	-Rápida implementação. -Baixo custo inicial. -Mitiga o problema a curto prazo.	-Pouco resiliente. -Ineficaz em eventos de maior magnitude.
Fase2	-Valorização do aglomerado nas componentes ambiental, social e económica.	- Esforço financeiro inicial significativo.
Fase 3	-Valorização do aglomerado nas componentes ambiental, social e económica.	-Esforço financeiro inicial muito significativo
Fase 4	-Permite a renaturalização da faixa costeira.	-Esforço financeiro inicial extremamente significativo. - Impacte negativo local nas componentes económica e social.
Fase	Oportunidades	Ameaças
Fase 1	-Permite planear a próxima fase com mais tempo.	- A não implementação de uma próxima fase pode tornar a fase 1 pouco útil a longo prazo. -Agravamento da magnitude dos eventos.
Fase2	-Ordenamento do território mais sustentável.	-Agravamento da magnitude dos eventos.
Fase 3	-Ordenamento do território mais sustentável.	-Agravamento da magnitude dos eventos.
Fase 4	-Ordenamento do território mais sustentável.	-Agravamento da magnitude dos eventos.

Tabela 4. 14 Análise SWOT.

O Decreto-Lei 302/90, de 26 de Setembro define o regime de gestão urbanístico do litoral. Nele estão contidos princípios respeitar na ocupação, uso e transformação da faixa costeira. Os gráficos da figura 4.45 respeitantes à situação atual, fase1A, fase 1B, fase 2, fase 3 e fase 4 indicam a percentagem de princípios em incumprimento, cumprimento parcial e cumprimento. É perceptível a tendência para o cumprimento, de fase para fase, dos princípios evocados pelo Decreto-Lei.

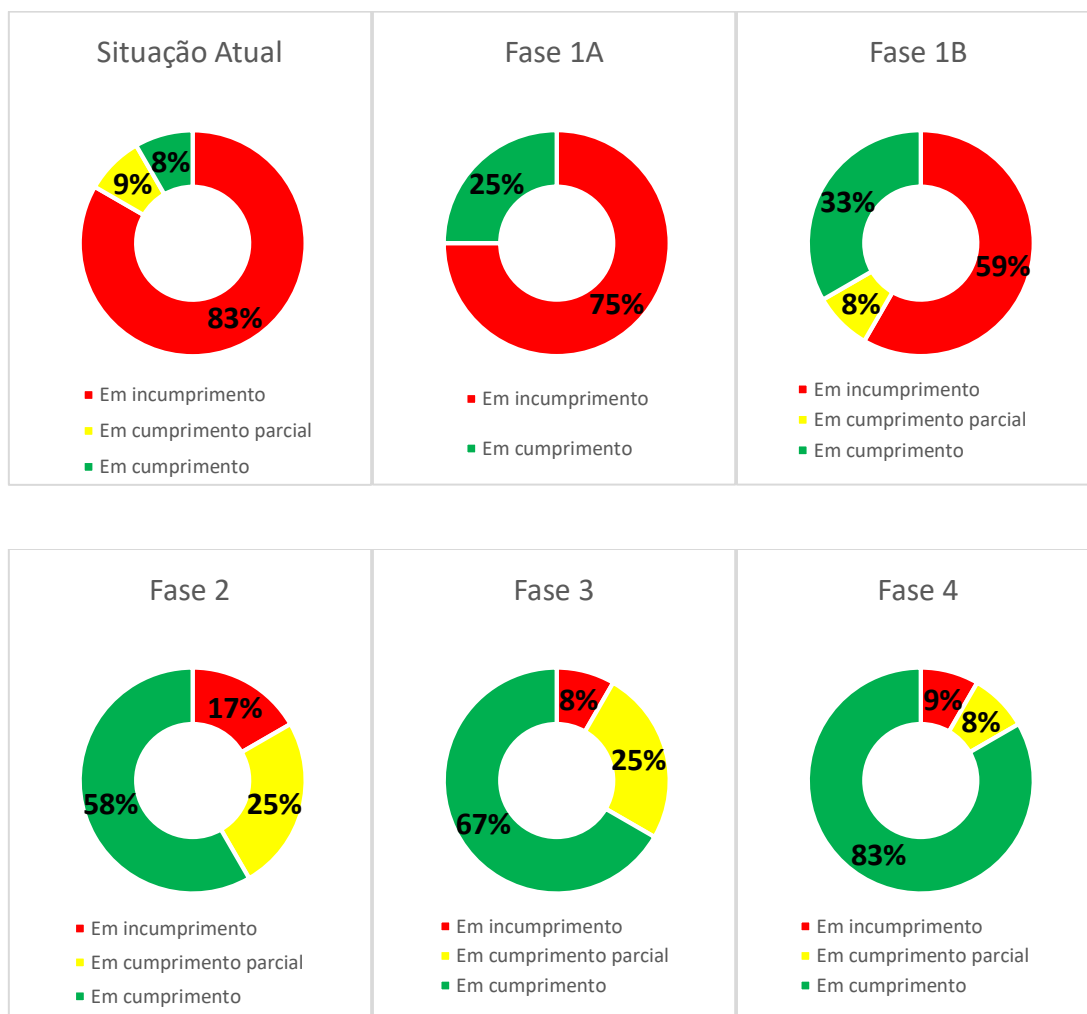


Figura 4. 45 Gráficos de cada fase com indicação da percentagem de critérios não cumpridos, cumpridos parcialmente e cumpridos relativos ao Decreto-Lei 302/90, de 26 de Setembro.

Propostas de mecanismos e instrumentos como financiamento da estratégia de adaptação

Qualquer postura a adotar em relação ao Furadouro, seja adaptar, seja manter a postura atual de manutenção das defesas, seja não fazer nada, resultará sempre num pesado encargo financeiro para o Estado. Neste sentido, há que encontrar soluções de autossustentabilidade, passando-se a citar alguns exemplos de possíveis fontes de financiamento.

REPENSAR A TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS

No âmbito da Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água) eventualmente justifica-se rever a taxa de recursos hídricos pois faz todo o sentido que passe a financiar projetos de adaptação das regiões costeiras afetadas pelo défice sedimentar e que tenderão a agravar em cenários de alterações climáticas, com especial ênfase para os concessionários das barragens pela lógica de causa efeito em relação á problemática dos sedimentos.

CRIAÇÃO DE UMA TAXA ADICIONAL NO IMI (IMPOSTO MUNICIPAL SOBRE IMÓVEIS)

Propõe-se uma subida do IMI proporcional à especulação imobiliária de forma a que os ganhos não sejam apenas privados, mas também públicos para edifícios devidamente legalizados, mas situados em zonas de risco muito elevado e elevado, com diversos escalões segundo o índice de risco. O objetivo é desincentivar a ocupação de zonas de risco, mas também permitir autofinanciamento para as medidas de adaptação. Os proprietários dos edifícios nestas zonas que mostrem disponibilidade para sair deverão ser apoiados pelo Estado através dos fundos provenientes destes mecanismos e contabilizados no investimento da abordagem de retirada planeada.

Aplicada desta maneira esta taxa poderá ser discriminatória do ponto de vista social, levando a que a ocupação do litoral seja feita pelos estratos sociais com mais rendimento, o que não é desejável de todo. Neste sentido a dita taxa adicional deverá ainda ter um coeficiente que agrave o valor para as pessoas com mais rendimentos tornando-a socialmente mais justa e fazer uma diferenciação entre primeira e segunda habitação.

POSEUR

No âmbito do POSEUR (Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no uso de Recursos), objetivo da promoção do desenvolvimento sustentável, alocar parte dos meios disponibilizados para financiar este tipo de estratégias e sobretudo para apoiar projetos piloto.

IMPOSTOS RELACIONADOS COM O AMBIENTE

Alocar parte das receitas de impostos como o imposto sobre produtos petrolíferos, imposto único de circulação, imposto sobre energia e imposto automóvel para o financiamento e manutenção destes projetos. Numa ótica de desincentivo de atividades contribuidoras o aumento do efeito de estufa, faz sentido que o valor resultante destes impostos seja aplicado na adaptação aos efeitos das alterações climáticas.

Criação de gabinetes técnicos especializados para a adaptação costeira

A defesa costeira e as estratégias de adaptação envolvem investimentos avultados e que se justifica serem matéria estudos aprofundados a diferentes níveis para se obter o necessário conhecimento técnico e científico que permita eficiência e economias de escala nas intervenções

a efetuar e para se minimizar o risco. Por outro lado, as estratégias de adaptação têm duas componentes distintas, mas que se complementam, uma componente mais estrutural e outra mais local.

A componente estrutural é tudo o que envolve o conhecimento necessário que ajude a perceber como funciona os sistemas costeiros (forçamento oceânico, fisiografia costeira, ciclo sedimentar e a interação das obras costeiras) e todas as intervenções estruturais necessárias e que a alimentação artificial, a integração de obras costeiras e a monitorização, modelação e planeamento são temas dominantes para que possa haver controlo neste domínio.

No âmbito local, é preciso ter em conta que cada aglomerado em risco é um caso que requer de ações específicas e que deverão estar em sintonia com as intervenções estruturais. É ao nível local que se pode perceber se as medidas estruturais implementadas estão ou não a dar resultados, e é ao nível local que é necessário intervir, quer seja para se implementarem intervenções estruturais quer para implementar medidas as que incidam sobre o aumento da resiliência urbana e que exige uma gestão urbana que tenha em consideração os crescentes riscos costeiros. É por esta razão que se justificam dois níveis de intervenção e de interação:

Nível Estrutural, e por os problemas serem comuns a várias entidades (entidades relacionadas com o mar - administrações portuárias, DGPM Docapesca e com o ambiente – Defesa Costeira e Recursos Hídricos): **constituição de uma equipa multidisciplinar a nível nacional que permitisse manter uma monitorização atualizada sobre os sistemas costeiros** (fisiografia, obras e forçamento climático) e a planear soluções sustentáveis (modelação, projetistas de obras costeiras e para coordenarem a reposição do ciclo sedimentar no leito do mar e em bacias hidrográficas);

Nível Local: **constituição de equipas que permitam inventariar todas as componentes que ajudem a que haja um planeamento urbano que responda ao crescente risco desses espaços o que exige equipas multidisciplinares dedicadas**, pelo menos no domínio da gestão urbana, paisagismo e projetos de infraestruturas. A nível local esses gabinetes podem ser específicos para um aglomerado ou conjuntos de aglomerados.

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação resulta em parte de um estágio na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. e teve como objetivo a elaboração de uma proposta de estratégia de adaptação para o aglomerado urbano do Furadouro, de forma a aumentar o seu nível de resiliência aos fenómenos de galgamento e inundação costeira.

A proposta efetuada tem mais o propósito de sensibilizar técnicos e decisores para a necessidade em intervir num problema que carece de ser iniciado e exige abordagens não muito convencionais no quadro da gestão urbana, mas de fácil concretização a nível local desde que política e tecnicamente devidamente enquadradas. Para esta estratégia foram utilizadas as abordagens de retirada planeada, acomodação e defesa.

Antes da formulação da proposta de estratégia de adaptação foi necessário caracterizar a área de estudo de forma a identificar as particularidades do aglomerado urbano do Furadouro e entender o contexto em que este se encontra inserido. Para tal foram analisados aspetos como a deriva litoral e o balanço sedimentar da subcélula 1B, a altimetria e os declives, o uso do solo, a evolução da linha de costa e ainda as ocorrências de galgamentos e inundações, assim como as intervenções. Foi ainda efetuada uma avaliação do risco baseada em mapas de vulnerabilidade, exposição e risco, essenciais na construção da estratégia de adaptação. Nesta fase do trabalho foi necessário a utilização do *software* Arcgis para a elaboração dos mapas e também o uso de VANT (Drones) para levantamento topográfico do local.

A proposta de estratégia de adaptação pretende propor soluções que ajudem a que o aglomerado seja mais resiliente aos fenómenos de galgamento e inundação costeira e que se perspetiva virem a ser agravados pelos efeitos das alterações climáticas. A requalificação da frente urbana está também orientada para o desenvolvimento de soluções que o valorizem nas componentes, ambiental, social e económica, para além da resiliência necessária para fazer face ao avanço das águas.

Através da caracterização da área de estudo, torna-se evidente que as ocorrências de galgamentos e inundação registadas recentemente não são aceitáveis, tanto mais que a tendência é para que haja um agravamento e aumento da frequência de ocorrências e o que requer respostas devidamente planeadas e integradas da sociedade e que tardam em aparecer. Neste sentido, a proposta de estratégia utilizada na presente dissertação é baseada em 4 fases com adaptação progressiva (ou não), para responder à incerteza que toda esta problemática envolve. O que a presente dissertação preconiza em termos de estratégias de adaptação para aglomerados inseridos em litorais baixos arenosos passa pelo desviar e dissipar a energia das águas antes que esta atinja o aglomerado e encaminhá-la para zonas de encaixe situadas fora do mesmo. Utilizou-se o sketchup para elaborar um desenho conceptual da frente urbana em 3D e o Infracore para enquadrar o desenho conceptual na nuvem de pontos do aglomerado inteiro.

Foi também efetuada uma estimativa rápida dos investimentos necessários para implementar cada fase e também em caso de implementação progressiva, sendo que a longo prazo a abordagem de acomodação e retirada requerem menos esforço financeiro. A implementação progressiva acaba por se revelar relativamente onerosa devido ao facto de a abordagem de retirada planeada ser faseada, por ação do IPC. Neste sentido, a implementação imediata da Fase 2 ou da Fase 3 parecem ser as soluções mais equilibradas não só no capítulo financeiro, mas também a nível económico e social. São ainda propostos alguns instrumentos por forma a financiar a estratégia cuja origem está direta ou indiretamente ligada à origem do problema que afeta o Furadouro.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Esta dissertação constitui uma proposta de estratégia de adaptação para um aglomerado analisado individualmente. Visto que os fenómenos de galgamento e inundação costeira se devem ao défice sedimentar que se verifica na subcélula e sendo este um problema de origem estrutural, a estratégia de adaptação do Furadouro deverá constar de um plano que inclua também as estratégias adaptação de todos os aglomerados costeiros da subcélula. Tal implica, a um outro nível, a elaboração um plano de gestão de sedimentos desde a cabeceira das linhas de água para esta subcélula, de forma a se minimizar ou mesmo anular o défice sedimentar, merecendo particular ênfase o rio Douro como grande fornecedor de sedimentos. Sem este equilíbrio, o défice será sempre compensado por sedimentos retirados à costa e qualquer estratégia de adaptação não será sustentável, porque a linha de costa estará em permanente recuo.

Esta dissertação pretende constituir uma referência para promover frentes urbanas costeiras mais resilientes, contribuindo desta forma para a sustentabilidade dos sistemas litorais baixos arenosos de Portugal Continental.

6 BIBLIOGRAFIA

A Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (2 de Julho de 2018). Programas Regionais de Ordenamento do Território (PROT).

Agência Portuguesa do Ambiente (18 de Abril de 2018). Programas da Orla Costeira. Obtido de: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=1193>, consultado a 15 de Abril de 2018)

Andrade, C., Pires, H. O., Taborda, R. e Freitas, M.C., (2007). Projecting future changes in wave climate and coastal response in Portugal by the end of the 21st century. *Journal of Coastal Research*, SI 50(50), pp. 263–257.

Antunes, C. (2014). Eventos extremos e a variação do nível do mar. 3as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, (1), pp. 33–36.

APA (2012). Demarcação do Leito e da Margem das Águas do Mar na Orla Costeira Ovar-Marinha Grande. Agência Portuguesa do Ambiente, pp 217.

APA (2013). Estratégia setorial de adaptação aos impactos das alterações climáticas relacionados com os recursos hídricos. Agência Portuguesa do Ambiente, pp. 185.

APA (2015). Plano Nacional da Água. Agência Portuguesa do Ambiente, pp. 259.

APA (2015). Programa da Orla Costeira Ovar - Marinha Grade. Diretivas. Agência Portuguesa do Ambiente, pp. 68.

APA (2016). Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021. Agência Portuguesa do Ambiente, pp. 213.

APA (2017). Plano de Ação Litoral XXI. Agência Portuguesa do Ambiente, pp.128.

APA (2018). Programas da Orla Costeira. <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=1193>, Agência Portuguesa do Ambiente, consultado a 15 de Junho de 2018.

Araujo, A., (2018). Aula 7: Litorais móveis: praias e dunas litorais. <http://web.letras.up.pt/asaraujo/seminario/Aula7.htm>, consultado em 5 de Maio de 2018.

Arns A., Wahl T., Dangendorf S., Jensen J., (2015). The impact of sea level rise on storm surge water levels in the northern part of the German Bight. *Coastal Engineering*. Elsevier B.V., 96, pp. 118–131.

Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (2018). Glossário. Obtido de: <http://www.aprh.pt/rqci/glossario/mare.html>, consultado em: 10 de Abril de 2018.

Barry, R. G. and Chorley, R. J. (2003) *Atmosphere , Weather and Climate*.

Basto, C. (2009). Vulnerabilidade e Risco Face à Erosão Costeira entre Aguda – Paramos: Duas Metodologias de Análise, Universidade de Coimbra, pp.147.

Bastos, M., Dias, J., Baptista, M., Batista, C., (2012) Ocupação do Litoral do Alentejo, Portugal: passado e presente. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 12(1), pp. 99–116.

Boillat, J., e Pougatsch, H., (2000). State of the art of sediment management in Switzerland', *Proceedings International Workshop and Symposium on Reservoir Sedimentation Management*. pp. 143–153.

- Boto, A., Bernardes, C., Dias, J., (1997). Litoral Erosion and Shoreline Retreat Between Costa Nova and Areão Beach, Portugal. pp. 467
- Bowker, P., Escarameia, M., e Tagg, A. (2007). Improving the Flood Performance of New Buildings - Flood Resilient Construction, Communities. pp. 100.
- Cardona, F. (2015). Avaliação do risco de erosão, galgamento e inundação costeira em áreas artificiais de Portugal continental. Estratégias de adaptação face a diferentes cenários de risco (relocalização, acomodação e proteção). Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa. pp. 206.
- Carvalho, I. (2013). Impactes do *storm surge* em Portugal continental. Do clipping da imprensa regional aos dados oceanográficos. Universidade de Lisboa. pp. 92.
- Carvalho, R. (2012). Trabalho sazonal: experiências e estratégias de reacção dos trabalhadores de uma empresa turística do Algarve. Instituto Universitário de Lisboa. pp. 73.
- Castanho, J. (1966). Rebentação das Ondas e Transporte Litoral. LNEC. pp. 279.
- CCDRCC (2011). Diagnóstico e contributos para uma visão estratégica territorializada da região centro. Protcentro. pp. 2018.
- Coelho, C. (2005). Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. pp. 404. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/2405>.
- Coelho, C., Silva R., Veloso-Gomes F., Taveira Pinto F., (2006). A vulnerability analysis approach for the Portuguese West Coast. Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation, 1, pp. 251–262.
- Conceição, R. (2016). Gestão de dragagens portuárias – alguns aspectos geotécnicos e geoambientais. Universidade Nova de Lisboa. pp. 101.
- Costa, M., Silva, R., Vitorino, J. (2001). Contribuição Para O Estudo Do Clima De Agitação Marítima Na Costa Portuguesa. 2as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária - Associação Internacional de Navegação. pp. 20.
- Costa, P. (2004). Atlas do Potencial Eólico para Portugal Continental. Universidade de Lisboa. pp 131.
- Davis, R. (1985). Beach and Nearshore Zone; Coastal Sedimentar Environments. Springer-Verlag. pp. 150.
- Deltares (2016). Coastal adaptation solutions, Simple assessments of Coastal Problems, Adaptation and Disaster Risk Management Solutions. pp. 19.
- Deltares (2018). Implementation of an Early-Warning System for incoming storm surge and tide in the Republic of Mauritius. pp. 4.
- DGT (2018). O PN POT 2007. Obtido de: <http://pnpot.dgterritorio.pt/pnpot>
- Dias, J. (1987). Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional. pp. 384.
- Dias, J. (2004). A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. pp 14.
- Dias, J. (2009). Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira - Consulta Pública. pp. 12.
- Dias, J. A. and Rodrigues, A. (1997). Evolução da linha de costa, em, Portugal, o último máximo glaciário até à actualidade : Síntese dos conhecimentos. pp . 66.

DLWC (2001). Coastal Dune Management: A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques. Department of Land and Water Conservation. Government of New South Wales. Australia. pp. 114.

Domingues, H. (2014). A propagação da agitação marítima e a deriva litoral. Universidade de Aveiro. pp. 105.

Dyckman, C., St. John, C., London, J. (2014). Realizing managed retreat and innovation in state-level coastal management planning, *Ocean and Coastal Management*. Elsevier Ltd, 102(PA), pp. 212–223.

European Parliament (2016). Precarious Employment in Europe: Patterns, trends and policy strategy. Policy Department A: Economic and Scientific Policy. pp. 199.

Faasen, P., (2014). An Assessment of Accommodation Strategies for Coastal Adaptation in Cape Town, South Africa, in *Response to Climate Change.*, pp. 237.

Feagin, A., Figlus, J., Zinnert, J., Sigren J., Martínez M., Silva R., Smith, W., Cox, D., Young, D., Carter, G., (2015). Going with the flow or against the grain? The promise of vegetation for protecting beaches, dunes, and barrier islands from erosion. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(4), pp. 203–210.

FEMA (2013). Coastal Building Successes and Failures. Federal Emergency Management Agency, pp. 3–5.

Ferreira, J. C. (2016). Ordenamento Ambiental de Frentes Urbanas Litorais em Áreas Baixas de Elevado Risco e Vulnerabilidade ao Galgamento Costeiro. As Infraestruturas Verdes como Estratégia de Resiliência para as Comunidades Costeiras. Tese de Doutoramento em Ambiente e Sustentabilidade, esp. Engenharia do Ambiente e Sustentabilidade, Universidade Nova de Lisboa, 613p.

Fortes C., Reis, M., Poseiro, P., Santos, J., Garcia, T., Capitão, R., Pinheiro, L., Reis, R., Craveiro, J., Lourenço, I., Lopes, P., Rodrigues, A., Sabino, A., Araújo, J., Ferreira, J., Silva, S., Raposeiro, P., Simões, A., Azevedo, E., Reis, F., Rodrigues, M., Pereira da Sliva, C., (2015). Ferramenta de apoio à gestão costeira e portuária: o sistema Hidralerta. VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, pp.18.

Fowler, A., Booth, D., (2013). Seasonal Dynamics of Fish Assemblages on Breakwaters and Natural Rocky Reefs in a Temperate Estuary: Consistent Assemblage Differences Driven by Sub-Adults. *PLoS ONE*, 8(9), pp. 12.

GEOTA (2009). Parecer do GEOTA sobre o PNBEPH (Estudo exaustivo). Grupo de Estudos de Ordenamento do Território e Ambiente. pp.2.

Guillien, Y. (1962). Néoglaciare et Tardiglaciare : géochimie, palynologie, préhistoire. *Annales de Géographie*. pp. 35.

Hassol, S. (2004). Arctic Climate Impact Assessment. Impacts of a Warming Arctic. Cambridge University Press. pp. 139.

Hughes, M. (2016). Coastal waves, water levels, beach dynamics and climate change. *CoastAdapt*. pp. 21.

ICNF (2016). Plano de Gestão Florestal do Perímetro Florestal das Dunas de Ovar. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. pp. 104.

INE (2018). Mapas. <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>, consultado em 7 de Junho de 2018.

Instituto Hidrográfico (2018). Marés. <http://www.hidrografico.pt/glossario-cientifico-mares.php>, consultado a 5 de Abril de 2018.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2018). Enciclopédia. <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/index.html>, consultado a 5 de Abril de 2018.

IPCC (2018). Glossary of terms. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-a-d.html, Intergovernmental Panel on Climate Change, consultado a 2 de Junho de 2018.

IPCC (2014). Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: global and sectoral aspects. Intergovernmental Panel on Climate Change. pp. 1131.

IPMA (2018). Depressões. https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/previsao.numerica/index.html?page=ecmwf.depres_sao.xml, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, consultado 15 Março de 2018.

Kraus, N., Hanson, H., Blomgren, S., (1994). Modern functional design of groin systems. *Ice* 1994, pp. 1327–1342.

Krestenitis, Y., Androulidakis, Y., Kontos, Y., Georgakopoulos, G., (2011). Coastal inundation in the north-eastern mediterranean coastal zone due to storm surge events. *Journal of Coastal Conservation*, 15(3), pp. 353–368.

Lima, D., Semedo, A., Soares, P., Cardoso, R., (2014) The Impact of a Warmer Climate on the Iberian Coastal Low-Level Wind Jet: EURO-CORDEX Projections. *Terceiras Jornadas de Engenharia Hidrográfica*. pp. 4.

Lira, C., Silva, A., Taborda, R., Andrade, C., (2016). Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: An integrated approach. *Earth System Science Data*, 8(1), pp. 265–278.

LLOYD'S (2008). Coastal Communities and Climate Change: Maintaining Future Insurability, 360: Driving the Debate on Emerging Risk. *ClimateWise*. pp. 28.

Lo, K., Gunasiri, C. (2014). Impact of Coastal Land Use Change on Shoreline Dynamics in Yunlin County, Taiwan. *Environments*, 1(2), pp. 124–136.

Lutgens, F., Tarbuck, E. (2013). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*. 12th edition. Pearson. pp. 533.

Manap, N., Voulvoulis, N. (2015). Environmental management for dredging sediments - The requirement of developing nations. *Journal of Environmental Management*. Elsevier, 147. pp. 338–348.

Marchante, H. (2001) 'Invasão dos ecossistemas dunares portugueses por *Acacia*: uma ameaça para a biodiversidade nativa, Universidade de Coimbra. pp. 147.

Meyer, A., Kolstad, E., Granskog, M., Graham, R., (2018). The freak warm Arctic weather is unusual, but getting less so. *The Conversation*. Consultado a 19 de Abril de 2018.

Michiel B., Haarsma J., Van Delden A., de Vries H., (2015). Severe Autumn storms in future Western Europe with a warmer Atlantic Ocean. *Climate Dynamics*, 45(3–4), pp. 949–964.

Mitchell, D., Osprey, S., Gray, L., Butchart, N., Hardiman, S., Charlton-Perez, A., Watson, P., (2012). The Effect of Climate Change on the Variability of the Northern Hemisphere Stratospheric Polar Vortex. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 69(8), pp. 2608–2618.

MMA (2007). *Manual de Restauración de Dunas Costeras*. Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de España. pp. 258.

Mota Lopes, A. (2018). SIARL – Sistema de Informação para Apoiar Estratégias de Adaptação Costeira em Cenários de Alterações Climáticas. pp. 16.

Nunes, A., (2017). A avaliação da sustentabilidade das infraestruturas de defesa costeira com recurso à utilização de veículos aéreos não tripulados e modelação 3D. Universidade Nova de Lisboa. pp. 228.

Pereira, C., (2010). Risco de Erosão para Diferentes Cenários de Evolução do Litoral de Aveiro. Universidade de Aveiro. pp. 78.

Pereira, D., Pereira, P., Santos, L., (2014). Unidades Geomorfológicas De Portugal Continental. Revista Brasileira de Geomorfologia, 15(4). pp. 584.

PLN (2010). Estudo de Vulnerabilidade e Riscos às Acções Directas e Indirectas do Mar sobre a Zona Costeira - 1a Fase. Polis Litoral Norte. pp. 28.

Portela, L., (2011). Dragagens Nos Portos Comerciais De Portugal Continental: Dados Preliminares. Sétimas Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, pp. 1–9.

Portugal (2009). Resolução do Conselho de Ministros nº 82/2009, Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira. Diário da República 1a Série, 174, pp. 6056–6088.

Poseiro, P., Reis, M., Fortes, C., Lopes, E., Sabino, A., Rodrigues, A., (2014). Desenvolvimento do sistema de Previsão e Alerta de Inundações HIDRALERTA: Caso de Estudo da Costa da Caparica. Terceiras Jornadas de Engenharia Hidrográfica. pp. 147–150.

PROCIV (2010). Riscos Costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território. Caderno Técnico, pp.156.

Ramos Pereira, A. (2004). O espaço litoral e a sua vulnerabilidade', GeoINova (Ambiente e Mudanças Globais), 9. pp. 33–43.

República Portuguesa (2018). PNPOT | Alteração Diagnóstico. Versão para Discussão Pública 30 Abril 2018. pp. 203.

Ridder, N., de Vries, H., Drijhout, S., van den Brink, H., van Meijgaard, E., de Vries, H., (2018). Extreme storm surge modelling in the North Sea: The role of the sea state, forcing frequency and spatial forcing resolution. Ocean Dynamics, 68(2), pp. 255–272.

Rijo, N., Lima, D., Semedo, A., Miranda, P., Cardoso, R., Soares, P., (2014). The Iberian Coastal Low-Level Jet Structure and Dynamics. Terceiras Jornadas de Engenharia Hidrográfica. pp. 4

Salawitch, R., Canty, T., Hope, A., Tribett, W., Bennett, B., (2017). Paris Climate Agreement: Beacon of Hope. Springer. pp. 198.

Sam Boggs, J. (2013). Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Journal of Chemical Information and Modeling. 4th edition. pp 675.

Sánchez-Arcilla, A., Alsina, J., Cáceres, I., Gonzales-Marco, D., Sierra, J., (2004) Morphodynamics on a Beach With a Submerged Detached Breakwater. Pastal Engineering Conference. Vol. 29. No. 4. American Society of Civil Engineers, 3481(1). pp 13.

Santos, F., Miranda, P., (2006). Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Gradiva. pp. 506.

Schmidt, L., Santos, F., Prista, P., Saraiva, T., Gomes, C., (2012). Alterações climáticas, sociais e políticas em Portugal: processos de governança num litoral em risco. Ambiente & Sociedade, 15(1), pp. 23–40.

- Schwartz, M., (2005). Encyclopedia of Coastal Science. Springer. pp. 1243.
- Selley, R. (2000). Applied sedimentology. Academic Press, Second Edition. pp. 543.
- Silva, P., Pinho, P., Correia, A., Branquinho, C., Correia, O., (2004). Estudo de Indicadores de Vulnerabilidade de sistemas dunares: um contributo para a gestão integrada de zonas costeiras. Actas da Oitava Conferência Nacional Ambiente. pp. 11.
- Smith, O, Hendee, M. (2011). Responses to Coastal Erosion in Alaska in a changing Climate. University of Alaska Fairbanks. pp. 123.
- Sousa, C., (2010). Vulnerabilidade dos sistemas dunares da praia do Meco. Universidade Nova de Lisboa. pp. 122.
- Soz, S., Kryspin-Watson, J., Stanton-Geddes, Z. (2016). The Role of Green Infrastructure Solutions in Urban Flood Risk Management. Urban Floods Community of Practice. The World Bank Group. pp. 18.
- Sutton-Grier, A., Wowk, K., Bamford, H., (2015). Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. Environmental Science and Policy. Elsevier, 51, pp. 137–148.
- Terry, J., (2007). Tropical Cyclones. Climatology and Impacts on the South Pacific. Springer. pp. 219.
- UConn (2018). Connecticut Beaches and Dunes: A Hazard Guide for Coastal Property Owners. <https://beachduneguide.uconn.edu/elevate-structure/#> , University of Connecticut, consultado a 15 de Abril de 2018.
- UNDP, (2007). Cyclone Resistant Building Architecture. United Nations Development Programme. pp. 22.
- UNEP (2018). Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. <http://www.grida.no/climate/ipcc/tectran/362.htm>, consultado 18 de Abril de 2018.
- UNISDR (2018). Terminology. <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-r>, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, consultado a 1 de Junho de 2018.
- US Army Corps of Engineers (1992). Coastal Groins and Nearshore Breakwaters. Engineer Manual p. 90.
- Vvan Gent, M., van Thiel de Vries, J., Coeveld, E., de Vroeg, J., van de Graaff, J., (2008). Large-scale dune erosion tests to study the influence of wave periods. Coastal Engineering. Elsevier B.V., 55(12), pp. 1041–1051.
- Van Rijn, L. (2010). Coastal erosion control based on the concept of sediment cells. Conscience. pp. 80.
- Van Rijn, L. (2013). Design of hard coastal structures against erosion. Ocean and Coastal Management, pp.33.
- Vvan Wijngaarden, W.,(2014). Arctic temperature trends from the early nineteenth century to the present. Theoretical and Applied Climatology, pp. 15.
- Veloso-gomes, F., (2009). Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira em Portugal. Uma Avaliação Preliminar. pp. 2.
- Volk, M. (2008). An analysis of strategies for adaptation to sea level rise in Florida. University of Florida. pp. 32.

Wang, J., Chameides, B., (2007). Are Humans Responsible for Global Warming? A Review of the Facts. Environmental Defense. pp. 6.

WCD, (2000). Dams and Development: A new framework for decision-making. The World Commission on Dams. pp.356.

Williams, A., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E., Anfuso, G., (2018). The management of coastal erosion. Ocean and Coastal Management. Elsevier, 156, pp. 4–20.

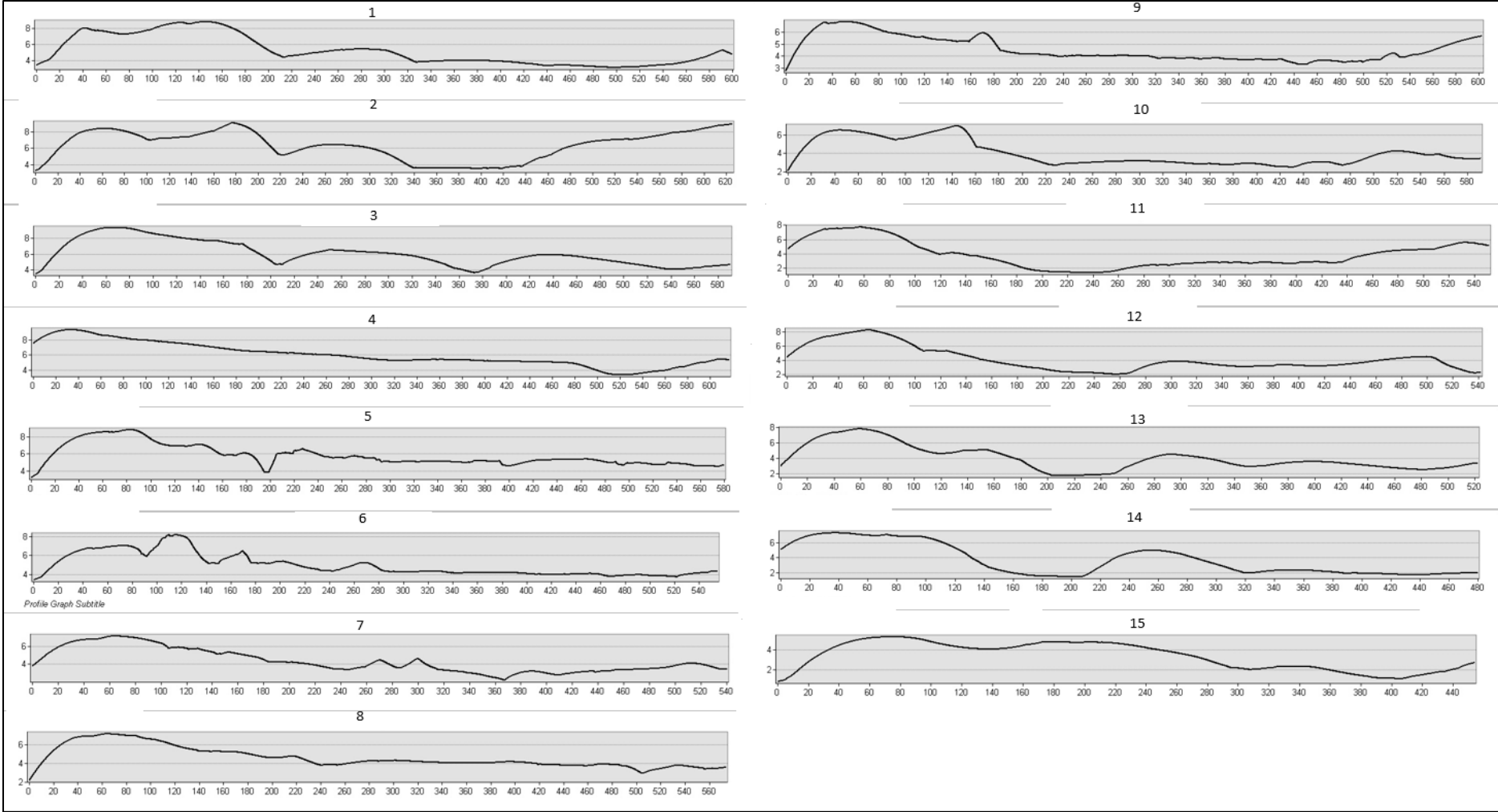
7 ANEXOS

7.1 EVENTOS

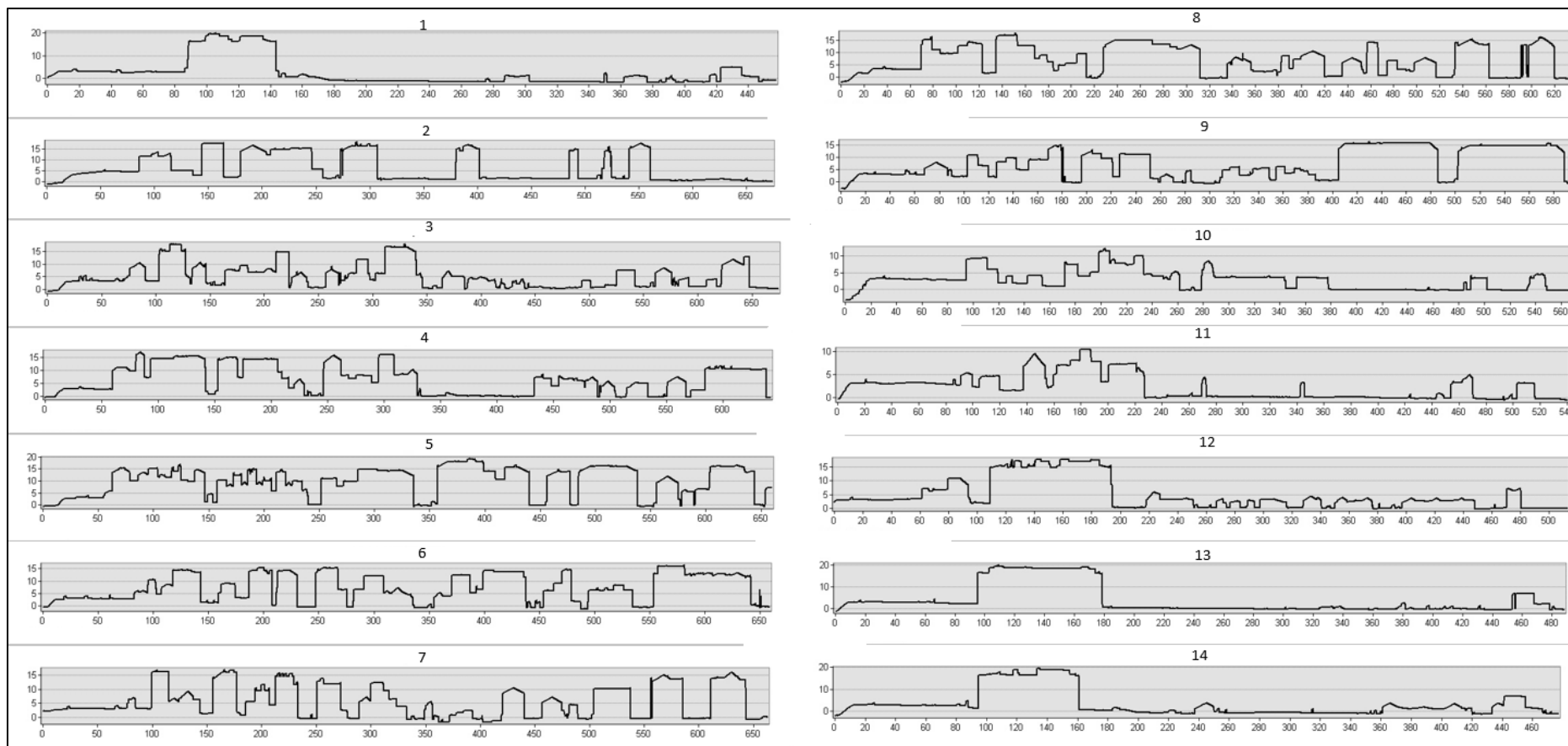
Ocorrência						Situação Meteorológica	Agitação marítima (máximos)			Vento			Maré (máximos)	Fonte
Início			Fim			Descrição	Altura significativa (m)	Período (s)	Direção	Intensidade mínima (nós)	Intensidade máxima (nós)	Direção	Maré Astronómica	
Ano	Mês	Dia	Ano	Mês	Dia									
10	10	8	10	10	12	Depressão extratropical	4,9	16	o-no	1	10	s	3,5	(1)
11	2	12	2	2	17		8,5	16	no-o	5	20	v	2,8	(2)
12	3	9	12	3	10		2,9	16	n-no	3	9	e	3,5	(3)
14	1	3	14	1	5		9	16	no-o	5	26	s-sw	3,7	(4)
14	2	1	14	2	3		7,8	19	n-no	2	19	v	3,5	(5)
14	2	14	14	2	16		6,6	16	no-o	1	21	s	3,3	(6)
14	3	3	14	3	4		9,3	20	no-n	7	16	no-o	3,5	(7)
15	10	27	15	10	28		4,2	18	no-o	8	16	s-sw	3,6	(8)
16	2	8	16	2	9		5	19	no-o	11	21	sw-w	3,6	(9)
17	2	2	17	2	3		7,2	19	o-no	11	29	sw	3,2	(10)
17	2	9	17	2	11		5,1	15	o-no	7	19	v	3,3	(11)
17	2	27	17	3	1		4,7	18	no-o	4	14	v	3,5	(12)
18	1	6	18	1	7		3,9	17	o-no	8	15	n	3,4	(13)
18	4	10	18	4	11		4,8	15	no-o	7	16	nw-w	2,5	(14)
18	4	17	18	4	18		4,7	18	o-no	3	9	v	3,4	(15)

- (1) <https://www.youtube.com/watch?v=yYyK3tKu2n0>
- (2) <https://www.youtube.com/watch?v=KjKb8162-J0>
- (3) <https://www.youtube.com/watch?v=TEflLuwsfdl>
- (4) <https://www.youtube.com/watch?v=tn6kEiyAREc>
- (5) <https://www.publico.pt/2014/02/02/local/noticia/mar-faz-estragos-em-restaurantes-da-caparica-e-corta-acessos-a-praia-em-sintra-1622062>
- (6) https://www.rtp.pt/noticias/pais/mau-tempo-voltou-a-atingir-o-furadouro_v717176
- (7) <https://www.youtube.com/watch?v=6mKvIrLqCCM>
- (8) http://portocanal.sapo.pt/um_video/T5vD92dBACNWDtJfJfzF/
- (9) <https://www.youtube.com/watch?v=TEflLuwsfdl>
- (10) <http://sicnoticias.sapo.pt/pais/2017-02-02-Mar-galgou-o-paredao-no-Furadouro>
- (11) <https://www.jn.pt/local/noticias/aveiro/ovar/interior/mar-galga-marginal-no-furadouro-5660475.html>
- (12) <https://www.jn.pt/local/noticias/aveiro/ovar/interior/mar-galgou-protecoes-e-fez-estragos-no-furadouro-5695733.html>
- (13) <https://www.youtube.com/watch?v=wAxW1JEWjIE>
- (14) <https://www.youtube.com/watch?v=QwbNASacaJs>
- (15) <https://www.youtube.com/watch?v=zLUHQhvpgu0>

7.2 PERFIS DE TERRENO



7.3 PERFIS DE SUPERFÍCIE



7.4 INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A FASE 1A E 1B

	Componentes da estratégia	Ano 0 (2018)	Ano 5 (2023)	Ano 10 (2028)
Acomodação	Tubagem	27 411,02 €	657,86 €	8 223,31 €
	Muro côncavo com topo em acrílico	99 202,93 €	29 760,88 €	29 760,88 €
	Barreiras de contenção	3 335 934,42 €	1 000 780,33 €	1 000 780,33 €
	Pavimento permeável	195 309,01 €	58 592,70 €	58 592,70 €
	Acomodação de apoios	349 052,38 €	349 052,38 €	349 052,38 €
	Grelha	675 897,00 €	202 769,10 €	202 769,10 €
Defesa	Alimentação artificial	1 842 375,00 €	5 847 915,00 €	6 688 905,00 €
	Manutenção obra aderente	- €	3 425 400,00 €	3 425 400,00 €
	Manutenção esporão Norte	- €	360 000,00 €	360 000,00 €
Total		6 525 181,77 €	12 176 922,52 €	14 063 241,09 €

	Componentes da estratégia	Ano 0 (2018)	Ano 5 (2023)	Ano 10 (2028)
Acomodação	Tubagem	24 097,11 €	7 229,13 €	7 229,13 €
	Muro côncavo com topo em acrílico	123 648,18 €	37 094,45 €	37 094,45 €
	Barreiras de contenção	3 335 934,42 €	1 000 780,33 €	1 000 780,33 €
	Pavimento permeável	195 309,01 €	58 592,70 €	58 592,70 €
	Pavimento sinuoso	1 892 989,78 €	567 896,93 €	567 896,93 €
	Acomodação de apoios	349 052,38 €	349 052,38 €	349 052,38 €
	Grelha	675 071,02 €	202 521,31 €	202 521,31 €
Defesa	Alimentação artificial	1 842 375,00 €	5 847 915,00 €	6 688 905,00 €
	Manutenção obra aderente	- €	3 425 400,00 €	3 425 400,00 €
	Manutenção Esporão Norte	- €	720 000,00 €	720 000,00 €
Total		8 438 476,90 €	13 193 800,82 €	15 146 667,8 €

7.5 INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A FASE 2

	Componentes da estratégia	Ano 0	Ano 5	Ano 10	Ano 15	Ano 20	Ano 25	Ano 30	Ano 35	Ano 40	Ano 45	Ano 50	Total
Retirada planeada	Demolição	906 202,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	906 202,00 €
	Construção	15 714 335,70 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	15 714 335,70 €
Acomodação	Tubagem	19 805,20 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	79 220,80 €
	Muros côncavos com topo em acrílico	276 228,85 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	1 104 915,41 €
	Barreiras de contenção	2 899 444,42 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	11 597 777,68 €
	Pavimento permeável	2 223 782,82 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	8 895 131,28 €
	Pavimento sinuoso	916 351,48 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	3 665 405,92 €
	Apoios de praia	999 195,75 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	3 996 783,00 €
	Rampas de acesso	77 355,84 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	309 423,36 €
	Anfiteatro	33 376,67 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	10 013,00 €	133 506,68 €
	Campos de jogos	40 018,00 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	160 072,00 €
	Grelhas	3 263 581,75 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	13 054 327,00 €
	Blocos amovíveis	4 400 000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Soma		31 769 678,48 €	3 550 441,20 €	3 876 140,17 €	4 201 839,13 €	4 527 538,10 €	4 853 237,06 €	5 178 936,03 €	5 504 634,99 €	5 830 333,96 €	6 156 032,93 €	6 481 731,89 €	81 930 543,94 €

7.6 INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A FASE 3

	Componentes da estratégia	Ano 0	Ano 5	Ano 10	Ano 15	Ano 20	Ano 25	Ano 30	Ano 35	Ano 40	Ano 45	Ano 50	Total	
Retirada planeada	Demolição	1 998 397,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1 998 397,00 €	
	Construção	32 622 821,34 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	32 622 821,34 €	
Acomodação	Tubagem	32 763,00 €	9 828,90 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	5 941,56 €	96 065,94 €	
	Muros côncavos com topo em acrílico	276 228,85 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	1 104 915,41 €	
	Barreiras de contenção	2 157 726,08 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	10 856 059,34 €	
	Pavimento permeável	1 489 262,65 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	8 160 611,11 €	
	Pavimento sinuoso	916 351,48 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	3 665 405,92 €	
	Apoios de praia	999 195,75 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	3 996 783,00 €	
	Rampas de acesso	154 711,68 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	386 779,20 €	
	Anfiteatro	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	367 143,37 €
	Campos de jogos	60 027,00 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	180 081,00 €
	Grelhas	3 420 789,90 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	13 211 535,15 €
	Blocos amovíveis	4 400 000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	4 400 000,00 €
Soma		48 561 651,40 €	3 580 444,56 €	3 904 223,30 €	4 232 281,99 €	4 560 340,69 €	4 888 399,38 €	5 216 458,08 €	5 544 516,78 €	5 872 575,47 €	6 200 634,17 €	6 528 692,87 €	99 090 218,69 €	

7.7 INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A IMPLEMENTAÇÃO PROGRESSIVA

	Componentes da estratégia	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	2053	2058	2063	2068	Total
Retirada planeada	Demolição	- €	- €	906 202,00 €		1 092 195,00 €						2 912 883,00 €	4 911 280,00 €
	Construção	- €	- €	15 714 335,70 €		16 908 485,64 €						59 659 091,67 €	92 281 913,01 €
Acomodação	Tubagem	24 097,11 €	7 229,13 €	19 805,20 €	5 941,56 €	32 763,00 €	9 828,90 €	9 828,90 €	9 828,90 €	9 828,90 €	9 828,90 €	- €	138 980,50 €
	Muros côncavos com topo em acrílico	123 648,18 €	37 094,45 €	276 228,85 €	82 868,66 €	276 228,85 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	82 868,66 €	- €	1 210 412,26 €
	Barreiras de contenção	3 335 934,42 €	1 000 780,33 €	2 899 444,42 €	869 833,33 €	2 157 726,08 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	869 833,33 €	- €	14 612 885,21 €
	Pavimento permeável	195 309,01 €	58 592,70 €	2 223 782,82 €	667 134,85 €	1 489 262,65 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	667 134,85 €	- €	7 969 756,26 €
	Pavimento sinuoso	1 892 989,78 €	567 896,93 €	916 351,48 €	274 905,44 €	916 351,48 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	274 905,44 €	- €	5 943 022,34 €
	Apoios de praia	349 052,38 €	349 052,38 €	999 195,75 €	299 758,73 €	999 195,75 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	299 758,73 €	- €	4 495 048,61 €
	Rampas de acesso	- €	- €	77 355,84 €	23 206,75 €	154 711,68 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	23 206,75 €	- €	371 308,03 €
	Anfiteatro	- €	- €	33 376,67 €	10 013,00 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	33 376,67 €	- €	243 649,69 €
	Campos de jogos	- €	- €	40 018,00 €	12 005,40 €	60 027,00 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	12 005,40 €	- €	172 077,40 €
	Grelhas	675 071,02 €	202 521,31 €	3 263 581,75 €	979 074,53 €	3 420 789,90 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	979 074,53 €	- €	13 436 411,13 €
	Blocos amovíveis	- €	- €	4 400 000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Defesa	Alimentação artificial	1 888 211,25 €	5 993 404,65 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	7 881 615,90 €
	Manutenção obra aderente	- €	3 510 623,95 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	3 510 623,95 €
	Manutenção Esporão Norte	- €	737 916,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	737 916,00 €
Soma		8 484 313,15 €	13 724 088,14 €	38 187 153,53 €	4 201 839,13 €	38 667 723,64 €	4 894 249,83 €	5 222 701,15 €	5 551 152,47 €	5 879 603,78 €	6 208 055,10 €	125 769 669,08 €	256 790 549,01 €