



TIAGO LAVADINHO COELHO

Licenciado em Engenharia do Ambiente

SOLUÇÕES COM BASE NA NATUREZA PARA UMA ADAPTAÇÃO SUSTENTÁVEL E RESILIENTE A FENÓMENOS DE EROSÃO E GALGAMENTO COSTEIRO

O caso do Litoral de Torres Vedras

MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Universidade NOVA de Lisboa

Novembro, 2024

SOLUÇÕES COM BASE NA NATUREZA PARA UMA ADAPTAÇÃO SUSTENTÁVEL E RESILIENTE A FENÓMENOS DE EROÇÃO E GALGAMENTO COSTEIRO

O caso do Litoral de Torres Vedras

TIAGO LAVADINHO COELHO

Licenciado em Engenharia do Ambiente

Orientador: Professor Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira,
Professor Associado, NOVA School of Science
and Technology | FCT-NOVA, NOVA University
Lisbon

Coorientadora: Mestre Catarina Sofia Jóia de Oliveira dos San-
tos, Investigadora, Assistente Convidada, NOVA
School of Science and Technology | FCT-NOVA,
NOVA University Lisbon

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues, Pro-
fessora Associada, NOVA School of Science and Techno-
logy | FCT-NOVA, NOVA University Lisbon

Arguentes: Doutor Renato Miguel Carromeu Monteiro, Investigador |
MARE, Marine and Environmental Sciences Center

Vogal: Professor Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira, Professor
Associado, NOVA School of Science and Technology |
FCT-NOVA, NOVA University Lisbon

MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Universidade NOVA de Lisboa
Novembro, 2024

Soluções com base na natureza para uma adaptação sustentável e resiliente a fenómenos de erosão e galgamento costeiro - O caso do Litoral de Torres Vedras

Copyright © Tiago Lavadinho Coelho, 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 a 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.

Aos meus pais e avós

AGRADECIMENTOS

Com a entrega desta dissertação, termina um longo e árduo percurso de trabalho e é nestes momentos que ao olhar para trás, observo que só foi possível concretizá-la com a ajuda e muito incentivo de algumas pessoas a quem não posso deixar de agradecer.

Ao Professor Doutor José Carlos Ferreira, meu orientador, pelo desafio que me propôs, bons conselhos e por sempre acreditar no meu potencial.

À Professora Catarina Jónia Santos, minha coorientadora, agradeço toda a disponibilidade concedida, incentivo, preocupação e constante ajuda.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, por me ter acolhido e ter feito parte da minha vida durante estes 2 anos.

A todos os professores e colegas que se cruzaram no meu percurso académico, que me acompanharam, seja a nível pessoal, quer a nível educacional.

A todos os meus amigos, pelos momentos divertidos e pelos momentos de trabalho que partilhámos e por todas as histórias e memórias incríveis.

Ao meu amigo Simão, pelo companheirismo de há mais de 10 anos.

Ao Tiago, Filipe e Catarina, pelos convívios mensais que me recarregaram a energia.

Aos meus amigos do ISA, sem quem hoje não seria apaixonado pela Engenharia do Ambiente, Inês, Assunção, Daniel, Leonor e Pedro P.

Aos companheiros da FCT, e principalmente à Ana, ao Antonio, ao Pedro M. e ao Tomás, por sempre estarem presentes e serem bons companheiros.

Um agradecimento bastante especial aos meus pais e avós, por todo o apoio, paciência, ajuda, e amor que nos momentos difíceis foi tão importante. Por terem acreditado sempre em mim e que poderia alcançar mais do que pensava, o meu muito obrigado.

“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.”
(Sócrates)

RESUMO

As zonas costeiras são regiões de transição entre os ecossistemas terrestres e marinhos, que incluem áreas onde o oceano ou o mar encontra a terra, e que englobam uma variedade de ambientes, como praias, estuários e arribas. Estas zonas desempenham um papel importante, pois são habitats ricos em biodiversidade, que abrigam uma grande variedade de espécies de plantas e animais e com áreas ao seu redor, que costumam ser densamente povoadas e utilizadas pela população para atividades recreativas e de subsistência. As zonas costeiras atuam ainda como barreiras naturais, protegendo as áreas interiores de fenómenos climáticos extremos como tempestades e a subida do nível médio do mar, fenómenos agravados pelo aquecimento global.

A presente dissertação teve como objetivo desenvolver uma estratégia de preservação dos ecossistemas costeiros, através de soluções consideradas menos agressivas para o ambiente, e que se interligam com o mesmo, denominadas *Nature-Based Solutions*. A zona escolhida para este estudo foi a região costeira de Torres Vedras, sendo esta uma das regiões do Oeste com maior concentração populacional. Para este efeito foram estudadas várias soluções passíveis de aplicação, que procuram mitigar os problemas observados nos ecossistemas costeiros da região, em específico para a praia Azul e para a praia de Santa Rita.

De forma a auferir quais as opções de adaptação mais sustentáveis para o aumento da resiliência das praias em estudo, realizou-se uma análise detalhada dos custos de implementação e manutenção de vários cenários de obras costeiras. Complementarmente, foi utilizada a metodologia do custo de viagem, para o cenário atual das praias em estudo, com a finalidade de atribuir um valor aos ecossistemas costeiros, através da perceção do valor para os seus utilizadores. Por sua vez, com os dados referentes aos custos e aos benefícios, realizou-se uma análise custo-benefício para o atual cenário das praias em estudo.

Através do estudo realizado, foi possível desenvolver propostas, com recurso a medidas mais económicas para a praia Azul e para a praia de Santa Rita e que permitem manter as praias num estado mais naturalizado. As propostas fizeram uso de quatro medidas principais, sendo estas a alimentação artificial, sistemas de paliçadas, uso de vegetação como forma de fixação, para dunas e arribas e ainda sinalização de aviso adequada. Estas medidas têm como função reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros, não só no curto prazo, mas também a longo prazo, preparando os ecossistemas para os desafios futuros, sejam estes provenientes de fatores antrópicos ou naturais.

Verificou-se que para as praias estudadas, o cenário de intervenção mais dispendioso é a construção de um paredão, enquanto para as arribas o cenário de intervenção mais dispendioso é a cimentação. Foi possível verificar também que o cenário de intervenção menos dispendioso nas praias é a implementação de um sistema de restauro dunar, enquanto que para as arribas, o cenário de intervenção menos dispendioso é a instalação de sinalização de perigo.

Palavras-Chave: Erosão, galgamento, NBS, infraestrutura azul, sustentabilidade, resiliente, análise custo/benefício, alterações climáticas, Torres Vedras.

ABSTRACT

Coastal zones are transition regions between terrestrial and marine ecosystems, which include areas where the ocean or sea meets land, and which encompass a variety of environments, such as beaches, estuaries and cliffs. These zones play an important role, as they are habitats rich in biodiversity, home to a wide variety of plant and animal species and with areas around them, which tend to be densely populated and used by the population for recreational and subsistence activities. Coastal areas also act as natural barriers, protecting inland areas from extreme weather phenomena such as storms and rising average sea levels, worsened by global warming.

The objective of this dissertation was to develop a strategy for preserving coastal ecosystems, through solutions considered less aggressive for the environment, and which are interconnected with it, called Nature-Based Solutions. The area chosen for this study was the coastal region of Torres Vedras, which is one of the regions in the West, with a bigger population concentration. For this purpose, several applicable solutions were studied, which seek to mitigate the problems observed in the region's coastal ecosystems, specifically for the Azul Beach and Santa Rita Beach.

To determine which adaptation options are the most sustainable for increasing the resilience of the beaches under study, a detailed analysis of the implementation and maintenance costs of various coastal works scenarios was carried out. In addition, the travel cost methodology was used for the current scenario of the beaches under study, with the purpose of assigning a value to coastal ecosystems, through the perception of value for their users. In turn, with data relating to costs and benefits, a cost-benefit analysis was carried out for the current scenario on both beaches under study.

Through this work, was possible to develop proposals, using more economical measures, for Azul Beach and Santa Rita Beach that allow the beaches to be maintained in a more naturalized state. The proposals developed made use of four main measures, these being beach nourishment, palisade systems, use of vegetation as a form of fixation for dunes and cliffs and appropriate warning signage. These measures aim to reduce the vulnerability of coastal ecosystems, not only in the short term, but also in the long term, preparing ecosystems for future challenges, whether arising from anthropogenic or natural factors.

It was observed that the most expensive scenario for the beaches under study is the construction of a seawall, and that for the cliffs, cementing is the most expensive option. In turn, the least expensive scenario for the beaches is the implementation of a dune restoration system, with the least expensive option for the cliffs being the installation of danger signs.

Keywords: Erosion, overtopping, NBS, blue infrastructure, sustainability, resilience, cost/benefit analysis, climate change, Torres Vedras.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VIII
RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XIII
ÍNDICE.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XXV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS.....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. ENQUADRAMENTO.....	5
2.1. A URBANIZAÇÃO E A ARTIFICIALIZAÇÃO DAS ZONAS COSTEIRAS	5
2.2. AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E O RISCO EM ZONAS COSTEIRAS.....	6
2.3. ESTRATÉGIAS E OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO COSTEIRA	9
2.3.1. <i>Estratégias de Defesa/Proteção, Acomodação e Recuo/Retirada/Relocalização</i>	9
2.3.1.1 Praias	11
2.3.1.2 Dunas.....	12
2.3.1.3 Arribas.....	13
2.3.1.4 Infraestruturas/Populações.....	16
2.3.2. <i>Nature-Based Solutions</i>	19
2.4 SOLUÇÕES A NÍVEL EUROPEU	26
2.4.1 <i>Soluções aplicadas às Dunas a nível europeu</i>	27
2.4.2 <i>Soluções aplicadas às Arribas a nível europeu</i>	28
2.4.3 <i>Soluções aplicadas à Proteção de Infraestruturas/Populações a nível europeu</i>	30
2.4.4 <i>Soluções aplicadas às Praias a nível europeu</i>	31
2.5 ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO.....	32
3. O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA ZONA COSTEIRA DE TORRES VEDRAS.....	37
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA DE TORRES VEDRAS.....	37
3.1.1 <i>Enquadramento</i>	37
3.1.2 <i>Clima</i>	39
3.1.2.1 <i>Temperatura do Ar</i>	40
3.1.2.2 <i>Precipitação</i>	41
3.1.2.3 <i>Vento</i>	42
3.1.3 <i>Biodiversidade</i>	42
3.1.4 <i>Geomorfologia e Ecossistemas</i>	47
3.1.5 <i>Uso do Solo</i>	54
3.2 AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM TORRES VEDRAS: IMPACTES E DESAFIOS	58
3.2.1 <i>Impacte das Alterações Climáticas para o Litoral de Torres Vedras</i>	58
3.2.2 <i>Intervenções Estruturais Recentes no Litoral de Torres Vedras</i>	62

3.2.2.1 Porto Novo.....	64
3.2.2.2 Santa Rita.....	65
3.2.2.3 Mexilhoeira	67
3.2.2.4 Vigia.....	68
3.2.2.5 Navio	69
3.2.2.6 Mirante	70
3.2.2.7 Pisão - Física.....	70
3.2.2.8 Santa Cruz - Santa Helena - Guincho	71
3.2.2.9 Formosa	72
3.2.2.10 Azul.....	73
3.2.2.11 Foz do Sizandro.....	75
3.3 PRAIAS A INTERVENCIÓNDAR.....	76
4. METODOLOGIA	77
4.1 ESTRATÉGIAS E OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO PARA O LITORAL DE TORRES VEDRAS.....	78
4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE CUSTO-BENEFÍCIO EM TORRES VEDRAS.....	79
4.2.1 <i>Cálculo dos Custos</i>	79
4.2.1.1 Praia Azul - Dunas / Areal.....	80
Cenário 1 – Construção do Paredão na Praia Azul	81
Cenário 2 – Adaptação do Paredão da Praia Azul às Alterações Climáticas.....	81
Cenário 3 – Demolição do Paredão e substituição do mesmo por uma estratégia de Restauro Dunar na Praia Azul	82
Cenário 4 – Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar (inicialmente) na Praia Azul.....	82
Cenário 5 – Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia Azul.....	82
4.2.1.2 Praia Azul - Arriba.....	82
Cenário 6 - Obra atual da arriba (Praia Azul)	83
Cenário 7 - Cimentação da arriba na Praia Azul	84
Cenário 8 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia Azul	84
Cenário 9 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia Azul	84
4.2.1.3 Praia de Santa Rita – Dunas/ Areal.....	85
Cenário 10 – Construção do Paredão na Praia de Santa Rita	85
Cenário 11 – Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar na Praia de Santa Rita.....	85
Cenário 12 – Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia de Santa Rita	85
4.2.1.4 Praia de Santa Rita - Arriba	86
Cenário 13 - Obra da arriba para a Praia de Santa Rita (replicando a obra da arriba da Praia Azul)	86
Cenário 14 - Cimentação da arriba na Praia de Santa Rita	86
Cenário 15 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia de Santa Rita	87
Cenário 16 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia de Santa Rita.....	87
4.2.2 <i>Cálculo dos Benefícios</i>	87
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.1 RESULTADOS DO INQUÉRITO	91
5.2 RESULTADOS DO CÁLCULO DOS CUSTOS	98
5.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DO CUSTO DE VIAGEM PARA A OBTENÇÃO DOS BENEFÍCIOS DOS ECOSISTEMAS COSTEIROS EM ESTUDO	108
5.4 CUSTO-BENEFÍCIO DO ATUAL CENÁRIO DE ADAPTAÇÃO COSTEIRA	116

5.5 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	116
5.5.1 <i>Praia Azul</i>	117
5.5.2 <i>Praia de Santa Rita</i>	118
6. CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS PARA UMA GESTÃO INTEGRADA DO LITORAL DE TORRES VEDRAS	121
6.1 CONCLUSÃO.....	121
6.2 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	122
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
8. ANEXOS.....	131
8.1 ANEXO 1.....	131
8.2 ANEXO 2.....	132
8.3 ANEXO 3.....	134
8.4 ANEXO 4.....	135
8.5 ANEXO 5.....	144
8.6 ANEXO 6.....	146

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO PORTUGUESA, POR DISTRITO, ENTRE 1920 E 2020. FONTE: AGENCIA ECCLESIA (2021).	6
FIGURA 2.2 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE PRAIAS (1- ESPORÃO, 2- DEFESA ADERENTE, 3- QUEBRA-MAR DESTACADO, 4- ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL). FONTES: 1) CÂMARA MUNICIPAL DA MURTOSA (2020); 2) FOTOGRAFIA DE TIAGO COELHO (2024); 3) CARDONA (2019); 4) O SETUBALENSE (2024).....	12
FIGURA 2.3 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE DUNAS (1- GEOTUBOS COLOCADOS A SOTAMAR DO ESPORÃO NA PRAIA DA COVA GALA, FIGUEIRA DA FOZ, 2- RECUPERAÇÃO DUNAR). FONTES: 1) T. MESURAS & CRUZ (2019); 2) MOTA-ENGIL ATIV (2023).	13
FIGURA 2.4 - PLACA DE AVISO DEGRADA. FONTE: APA (2012).	14
FIGURA 2.5 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE ARIBAS (SANEAMENTO DE BLOCOS). FONTE: CÂMARA MUNICIPAL DE PENICHE (2018).	14
FIGURA 2.6 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE ARIBAS (1 - REPERFILAMENTO, 2 - VEGETAÇÃO, 3 - BARREIRAS DINÂMICAS). FONTES: 1) TORRES VEDRAS WEB (2019); 2) FOTOGRAFIA DE TIAGO COELHO (2024); 3) SOLUTIOMA (2024).....	15
FIGURA 2.7 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE ARIBAS (MUROS DE SUPORTE/ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO). FONTE: SOPLACAS (2012).	16
FIGURA 2.8 - SOLUÇÕES PARA A PROTEÇÃO DE INFRAESTRUTURAS/POPULAÇÕES (PAVIMENTO PERMEÁVEL). FONTE: FOTOGRAFIA DE TIAGO COELHO (2024).	19
FIGURA 2.9 - NATURE-BASED SOLUTIONS (RESTAURAÇÃO DO FLUXO DE SEDIMENTOS). FONTE: INDUSTRIAEMBIENTE (2023).	23
FIGURA 2.10 - ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE ARIBAS. FONTE: MOORE & DAVIS (2015).	30
FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÃO DO CONCELHO DE TORRES VEDRAS EM PORTUGAL. FONTE: PLANO DIRETOR MUNICIPAL.....	37
FIGURA 3.2 - DISPOSIÇÃO DAS FREGUESIAS DE TORRES VEDRAS. FONTE: BOMBEIROS VOLUNTÁRIOS DE TORRES VEDRAS (2024).....	38
FIGURA 3.3 - REDE NATURA NO CONCELHO DE TORRES VEDRAS, SÍTIO PENICHE/SANTA CRUZ. FONTE: LOPES (2014).	46
FIGURA 3.4 - REDE NATURA NO CONCELHO DE TORRES VEDRAS, SÍTIO SINTRA/CASCAIS. FONTE: LOPES (2014).....	47
FIGURA 3.5 - FAIXA LITORAL DO CONCELHO DE TORRES VEDRAS. FONTE: ROSA (2013).....	50
FIGURA 3.6 - CONDIÇÕES FIOGRÁFICAS DO LITORAL DE TORRES VEDRAS. FONTE: RAMOS (2021).....	50
FIGURA 3.7 - TIPOS DE MOVIMENTOS DE VERTENTE MAIS FREQUENTES NA FAIXA LITORAL DE TORRES VEDRAS (Q = QUEDAS; T = TOMBAMENTOS; F = FLUXOS/RAVINAMENTOS; D = DESLIZAMENTOS). FONTE: RAMOS (2021).....	51
FIGURA 3.8 - LITOLOGIA E ESTRUTURA DA FAIXA LITORAL DO CONCELHO DE TORRES VEDRAS. FONTE: RAMOS (2021).....	52
FIGURA 3.9 - POPULAÇÃO RESIDENTE POR FREGUESIA E POR FAIXA ETÁRIA NO CONCELHO DE TORRES VEDRAS. FONTE: ADAPTADO DE INE (2011).	55
FIGURA 3.10 - EMPRESAS LOCALIZADAS NO CONCELHO DE TORRES VEDRAS, POR SETOR DE ATIVIDADE, EM 2019. FONTE: ADAPTADO DE INE (2019).....	56
FIGURA 3.11 - REPRESENTAÇÃO DO CONCELHO DE TORRES VEDRAS E DAS SUAS PRAIAS. FONTE: GUIA DO OESTE (2024).	64
FIGURA 3.12 - 1) REPRESENTAÇÃO AÉREA DA PRAIA DE PORTO NOVO; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DE PORTO NOVO. FONTES: 1) PORTUGALFOTOGRAFIAAÉREA (2012); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).....	65

FIGURA 3.13 - 1) E 2) PRAIA DE SANTA RITA; 3) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DE SANTA RITA. FONTES: 1) E 2) FOTOGRAFIAS DE TIAGO COELHO (2024); 3) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).....	66
FIGURA 3.14 - 1) PRAIA DA MEXILHOEIRA; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DA MEXILHOEIRA. FONTES: 1) GUIA DA CIDADE (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	68
FIGURA 3.15 - 1) PRAIA DA VIGIA; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DA VIGIA. FONTES: 1) TORRESVEDRASANTIGA (2022); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	69
FIGURA 3.16 - 1) PRAIA DO NAVIO; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DO NAVIO. FONTES: 1) PLAYOCEAN (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).....	69
FIGURA 3.17 - 1) PRAIA DO MIRANTE; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DO MIRANTE. FONTES: 1) GUIA DA CIDADE (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019)	70
FIGURA 3.18 - 1) PRAIA DO PISÃO; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DO PISÃO. FONTES: 1) GUIA DA CIDADE (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	71
FIGURA 3.19 - 1) PRAIA DE SANTA CRUZ; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DE SANTA CRUZ. FONTES: 1) IMPULSIVEADDICTION (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	72
FIGURA 3.20 - 1) PRAIA FORMOSA; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA FORMOSA. FONTES: 1) GUIA DA CIDADE (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	73
FIGURA 3.21 - PRAIA AZUL (1 - DEFESA ADERENTE, 2- MALHA METÁLICA/VEGETAÇÃO NA ARRIBA); 3 - LOCALIZAÇÃO DA PRAIA AZUL. FONTES: 1) E 2) FOTOGRAFIAS DE TIAGO COELHO (2024); 3)AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	75
FIGURA 3.22 - DIFERENTES INFRAESTRUTURAS NA PRAIA AZUL (1- PASSADIÇO, 2 - VARANDINHA BAR). FONTES: 1) E 2) FOTOGRAFIAS DE TIAGO COELHO (2024).	75
FIGURA 3.23 - 1) PRAIA DA FOZ DO SIZANDRO; 2) LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DA FOZ DO SIZANDRO. FONTES: 1) GUIA DA CIDADE (2024); 2) AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).	76
FIGURA 4.1 - ESQUEMA METODOLÓGICO DO TRABALHO REALIZADO. FONTE: PRODUZIDO POR TIAGO COELHO (2024).....	78
FIGURA 5.1 - DIVISÃO DOS INQUIRIDOS SEGUNDO A SUA FAIXA ETÁRIA.....	91
FIGURA 5.2 - DIVISÃO DOS INQUIRIDOS SEGUNDO O SEU NÍVEL DE ESCOLARIDADE.....	91
FIGURA 5.3 - PERCENTAGEM DE INQUIRIDOS QUE FREQUENTA CADA PRAIA.	92
FIGURA 5.4 - DISTRIBUIÇÃO DOS INQUIRIDOS POR CONCELHO DE RESIDÊNCIA.....	92
FIGURA 5.5 - MEIO DE TRANSPORTE UTILIZADO PARA A DESLOCAÇÃO À PRAIA.....	93
FIGURA 5.6 - NÚMERO MÉDIO DE IDAS À PRAIA POR ANO	93
FIGURA 5.7 - CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO AMBIENTAL DAS PRAIAS PELOS INQUIRIDOS	94
FIGURA 5.8 - PREFERÊNCIA DO TIPO DE SOLUÇÃO A APLICAR ÀS DUNAS/ AREAL	94
FIGURA 5.9 - FREQUÊNCIA DA IDA À PRAIA PELOS INQUIRIDOS SE AS DUNAS/ AREAL FOSSEM MAIS ARTIFICIALIZADAS.....	95
FIGURA 5.10 - FREQUÊNCIA DA IDA À PRAIA PELOS INQUIRIDOS SE AS DUNAS/ AREAL FOSSEM MAIS NATURALIZADAS	95
FIGURA 5.11 - PREFERÊNCIA DO TIPO DE SOLUÇÃO A APLICAR ÀS ARRIBAS	96
FIGURA 5.12 - FREQUÊNCIA DA IDA À PRAIA PELOS INQUIRIDOS SE AS ARRIBAS FOSSEM MAIS ARTIFICIALIZADAS.....	96
FIGURA 5.13 - FREQUÊNCIA DA IDA À PRAIA PELOS INQUIRIDOS SE AS ARRIBAS FOSSEM MAIS NATURALIZADAS	96
FIGURA 5.14 - DISPONIBILIDADE DE PAGAR UMA TAXA DE ENTRADA PARA VISITAR A PRAIA, SE A MESMA FOSSE APLICADA	97

FIGURA 5.15 - VISITAS/1000 HABITANTES EM COMPARAÇÃO COM O CUSTO DE VIAGEM (€) PARA A PRAIA AZUL.....	113
FIGURA 5.16 - VISITAS/1000 HABITANTES EM COMPARAÇÃO COM O CUSTO DE VIAGEM (€) PARA A PRAIA DE SANTA RITA.....	113
FIGURA 5.17 - VISITAS À PRAIA AZUL TENDO EM CONTA O AUMENTO DO CUSTO DE VIAGEM (€).....	114
FIGURA 5.18 - VISITAS À PRAIA DE SANTA RITA TENDO EM CONTA O AUMENTO DO CUSTO DE VIAGEM (€)..	114
FIGURA 8.1 - OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO/MITIGAÇÃO PARA O COMBATE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. FONTE: CÂMARA MUNICIPAL DE TORRES VEDRAS (2016).....	131
FIGURA 8.2 - POC DA PRAIA AZUL. FONTE: AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).....	132
FIGURA 8.3 - POC DA PRAIA DE SANTA RITA. FONTE: AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2019).....	133
FIGURA 8.4 - VISUALIZAÇÃO AÉREA E DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PARA A PRAIA AZUL. FONTE: PRODUZIDO POR TIAGO COELHO (2024).....	134
FIGURA 8.5 - VISUALIZAÇÃO AÉREA E DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PARA A PRAIA DE SANTA RITA. FONTE: PRODUZIDO POR TIAGO COELHO (2024).....	134
FIGURA 8.6 - PROVENIÊNCIA DA VISITA À PRAIA	144
FIGURA 8.7 - CARACTERÍSTICAS MAIS VALORIZADAS NUMA PRAIA PELOS INQUIRIDOS.....	144
FIGURA 8.8 - MEDIDAS CONSIDERADAS PELOS INQUIRIDOS COMO MAIS IMPORTANTES PARA PROTEÇÃO DAS PRAIAS.....	145

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - VANTAGENS DAS ESTRATÉGIAS DE DEFESA, ACOMODAÇÃO E RETIRADA. FONTE: CARDONA ET AL. (2020).	10
TABELA 2.2 - DESVANTAGENS DAS ESTRATÉGIAS DE DEFESA, ACOMODAÇÃO E RETIRADA. FONTE: CARDONA ET AL. (2020).	11
TABELA 3.1 - COMPARAÇÃO ENTRE AS DUAS ÁREAS DE CONFORTO AMBIENTAL DOMINANTES NO CONCELHO DE TORRES VEDRAS. FONTE: PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE TORRES VEDRAS - VOL. II – DOC. COMPLEMENTARES (2006) .	48
TABELA 3.2 - SÍNTESE DOS PRINCIPAIS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS REGISTRADOS NO CONCELHO NOS ÚLTIMOS 20 ANOS. FONTE: ALVES ET AL. (2024).	60
TABELA 4.1 - CUSTOS DE MANUTENÇÃO PARA ESTRATÉGIAS DE DEFESA EM 2014. FONTE: F. CARDONA (2015).	77
TABELA 4.2 - CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL E DE MANUTENÇÃO PARA AS VÁRIAS ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DUNAR. FONTES: APA (2005) E ROEBLING, COELHO, & REIS (2011)	80
TABELA 4.3 - CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL PARA MEDIDAS DE PROTEÇÃO DAS ARRIBAS. FONTE: VIEIRA (2018).	83
TABELA 5.1 - CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 1	98
TABELA 5.2 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 2	98
TABELA 5.3 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 3	98
TABELA 5.4 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 4	99
TABELA 5.5 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 5	99
TABELA 5.6 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 6	99
TABELA 5.7 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 7	100
TABELA 5.8 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 8	100
TABELA 5.9 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 9	101
TABELA 5.10 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 10	101
TABELA 5.11 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 11	101
TABELA 5.12 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 12	102
TABELA 5.13 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 13	102
TABELA 5.14 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 14	103
TABELA 5.15 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 15	103
TABELA 5.16 - CUSTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 16	104
TABELA 5.17 - OBRAS SEMELHANTES A COMPARAR COM OS CENÁRIOS EM ESTUDO PARA A PRAIA AZUL	105
TABELA 5.18 - OBRAS SEMELHANTES A COMPARAR COM OS CENÁRIOS EM ESTUDO PARA A PRAIA DE SANTA RITA	107
TABELA 5.19 - NÚMERO DE VISITANTES ÀS PRAIAS, TENDO EM CONTA O CONCELHO DE RESIDÊNCIA DOS INQUIRIDOS.	108
TABELA 5.20 - NÚMERO DE VISITAS ÀS PRAIAS TENDO EM CONTA O CONCELHO DE RESIDÊNCIA DOS INQUIRIDOS.	109
TABELA 5.21 - NÚMERO DE VISITAS/1000 HABITANTES ÀS PRAIAS	110
TABELA 5.22 - CUSTO MÉDIO DE VIAGEM POR CONCELHO À PRAIA AZUL	111
TABELA 5.23 - CUSTO MÉDIO DE VIAGEM POR CONCELHO À PRAIA DE SANTA RITA	112
TABELA 5.24 - CUSTOS DE VIAGEM ASSOCIADOS A VÁRIAS PRAIAS EM 2024. FONTE: ADAPTADO DE SILVA (2012).	115

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

GEE - Gases com Efeito de Estufa
GTL - Grupo de Trabalho do Litoral
IUCN - *International Union for Conservation of Nature*
NMM - Nível Médio do Mar
NBS - *Nature-Based Solutions*
PDM - Plano Diretor Municipal
PIAAC - Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas
PMAC - Plano Municipal de Ação Climática
POC - Programa da Orla Costeira
POC-ACE - Programa da Orla Costeira Alcobaça - Cabo Espichel
RCP - *Representative Concentration Pathways*
UF - União de Freguesias

1. Introdução

1.1 Enquadramento

O desenvolvimento sustentável e integrado das zonas costeiras de Portugal Continental é uma atividade muito importante em termos económicos, ambientais e sociais (F. Cardona, 2015), para uma ocupação correta e sustentável da população nestas áreas. Uma vez que estas são as zonas com maior concentração populacional, os problemas que possam advir devido à pressão antrópica pela ocupação indevida do litoral, ou devido a problemas naturais, agravados pelas alterações climáticas, têm o potencial de provocar sérios danos às populações e aos ecossistemas existentes.

As ações naturais, como a intensificação de tempestades, subida do nível médio do mar e diminuição do fornecimento sedimentar ao litoral, aumentam o ritmo de recuo da costa (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022). Desta forma, as áreas ocupadas indevidamente, junto ao litoral, são propícias de sofrer graves problemas, pois o avanço do mar pode provocar situações de galgamento com o potencial de originar perdas humanas, materiais e intrusões salinas que podem prejudicar aquíferos e colheitas próximas ao litoral.

Este trabalho incidirá no litoral de Torres Vedras, que apresenta uma grande diversidade costeira (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006), através de vários tipos de praias e arribas, e que apresenta variados problemas, como erosão e inundação. Estes problemas manifestam-se principalmente, associados à subida do nível médio do mar, fenómeno agravado pelas alterações climáticas (Alves et al., 2024). É ainda possível observar, nestas zonas, habitações e colheitas próximas à linha de costa, que podem ficar em risco caso estes problemas persistam. Face aos problemas expostos observou-se a necessidade de intervenção na zona de estudo, o que levou à sua escolha para este trabalho.

Neste trabalho pretende-se propor uma estratégia de adaptação às alterações climáticas para as zonas costeiras, analisando a relação entre os custos diretos e benefícios económicos, sociais e ambientais, com a adaptação sendo geralmente descrita como um “ajuste da natureza ou sistemas humanos a estímulos climáticos reais ou esperados ou aos seus efeitos, que modera danos ou explora benefícios e oportunidades” (F. S. Cardona et al., 2020).

Para este fim, foi utilizada uma análise custo-benefício com o propósito de compreender a situação atual dos ecossistemas costeiros em estudo, utilizando uma análise de custos de forma a verificar quais as melhores soluções para resolver os problemas identificados, ou que reduzem o seu efeito, de forma a atingir o equilíbrio nas zonas costeiras. Neste estudo foram considerados todos os custos, desde a implementação das medidas de correção, a sua manutenção, e custo de desativação (se aplicável), bem como custos indiretos como a inflação.

1.2 Âmbito e objetivos

Nesta dissertação, pretendeu-se estudar e desenvolver uma proposta com vista a mitigar os efeitos resultantes dos fenómenos de erosão e galgamento para a região de Torres Vedras.

Verifica-se que a região litoral de Torres Vedras sofre de graves problemas associados à erosão costeira, com a zona tendo já sofrido algumas intervenções para resolver ou minimizar os mesmos. Para resolver este tipo de problemas têm surgido novas soluções, menos agressivas para a natureza, denominadas *Nature-Based Solutions*. Estas soluções foram utilizadas como base para este trabalho.

Para a criação de uma estratégia de mitigação dos efeitos anteriormente descritos, foi realizada uma análise de Custo-Benefício que teve como finalidade identificar a situação atual dos ecossistemas em estudo, realizando uma análise de custos, com o objetivo de compreender qual a melhor solução para cada ecossistema em estudo.

Desta forma, foi possível criar uma estratégia, por meio da implementação de uma infraestrutura verde/azul que valoriza soluções baseadas na natureza e integra os aspetos socioculturais, enquanto se reduz a fragmentação dos ecossistemas e se promove um uso sustentável adaptado à sensibilidade ecológica, aumentando a resiliência dos ecossistemas.

1.3 Organização e Estrutura da Dissertação

A dissertação apresenta-se dividida em 8 capítulos.

No capítulo 1, "Objetivos Gerais e Organização", é apresentado o problema e o seu enquadramento, sendo apresentados os objetivos e o âmbito do estudo.

No capítulo 2, "Enquadramento", é realizada uma revisão dos temas referentes à erosão costeira e quais os seus efeitos na costa portuguesa. Neste capítulo são caracterizados os principais problemas, que o litoral continental português enfrenta, desde a urbanização e artificialização da costa, à apresentação dos perigos de um ordenamento costeiro desordenado e a influência que as alterações climáticas têm na gestão costeira. Serão apresentadas formas comprovadas de minimizar problemas, quer por soluções naturais, quer por soluções de base cinzenta, onde se abordarão estratégias de defesa/proteção, acomodação e retirada. Adicionalmente enumeram-se algumas soluções que poderão ser utilizadas para proteger as dunas, as arribas, praias e infraestruturas/populações a nível europeu.

No capítulo 3, intitulado "O Impacto das Alterações Climáticas na Zona Costeira de Torres Vedras", é feita uma caracterização da zona, com destaque para a linha de costa, e com ênfase nas intervenções realizadas. Serão descritas as alterações climáticas que se verificam na zona costeira de Torres Vedras, sendo explorados os seus efeitos. Por fim serão identificadas as praias do concelho de Torres Vedras a intervencionar.

No capítulo 4, "Metodologia", é abordada a metodologia de custo-benefício utilizada, e como a mesma foi aplicada. Neste capítulo apresentam-se as considerações para o desenvolvimento de cenários de custo de implementação de soluções, bem como os benefícios atuais retirados dos ecossistemas pelos utilizadores das praias, através do método do custo de viagem.

No capítulo 5, “Resultados e Discussão”, são apresentados os resultados da aplicação do inquérito, os resultados dos custos das várias intervenções propostas para a praia Azul e a praia de Santa Rita, bem como os benefícios para a situação atual das praias em estudo. São ainda formuladas as propostas de intervenção para as praias estudadas, com estas procurando fazer uma gestão sustentável e integrada das zonas costeiras, com recurso às *Nature-Based Solutions*, de forma a aumentar a resiliência dos ecossistemas e mantendo-os num estado o mais naturalizado possível, sendo ainda enumeradas as várias medidas a implementar nas praias para atingir este fim.

No capítulo 6, “Conclusão, Limitações e Recomendações Futuras para uma Gestão Integrada do Litoral de Torres Vedras” são apresentadas as conclusões deste trabalho, onde são enumeradas as principais *Nature-Based Solutions* a aplicar às praias em estudo, e as principais elações do trabalho, bem como as limitações dos métodos utilizados. São ainda propostos alguns trabalhos que poderão ser desenvolvidos futuramente, para aumentar ainda mais a resiliência das praias da região.

No capítulo 7, “Referências Bibliográficas”, são apresentadas as referências utilizadas para este trabalho.

No capítulo 8, “Anexos”, encontram-se dados adicionais que serviram para a construção deste trabalho.

2. Enquadramento

A presente secção engloba a revisão de literatura e serve o propósito de contextualizar e definir ideias-chave, que contribuem para uma melhor compreensão do tema em estudo.

2.1. A Urbanização e a Artificialização das Zonas Costeiras

Antes do século XX a ocupação humana no litoral era feita principalmente nas zonas de estuário e zonas lagunares, devido aos amplos recursos aí existentes. No restante litoral a ocupação humana era escassa, pois eram ambientes mais ventosos, com muitos apresentando elevadas amplitudes térmicas e poucos recursos, o que dificultava a prática da agricultura (F. Cardona, 2015).

O movimento dos habitantes do meio rural para o meio urbano é conhecido como êxodo rural. Há toda uma panóplia de acontecimentos e descobertas, no campo cultural, filosófico, científico, político e social, que provocaram o êxodo rural, uma evolução que se deu durante quase três séculos, desde o séc. XVI (Ribeiro, 2013). Indiretamente, é um resultado da revolução industrial, em que as máquinas começaram a substituir uma grande parte do trabalho executado pelos humanos, tornando evidente o aumento do desemprego nos campos e fazendo emergir esta movimentação nos séculos XIX e XX (Ribeiro, 2013).

Foi nessa altura que o termo de industrialização ganhou maior impacto, em que inicialmente era representada pela manufatura em pequenas oficinas, até que, a máquina a vapor, ligada aos vários mecanismos que constituíam os componentes que trabalham numa fábrica, promove a substituição de parte do trabalho feito pelo Homem, aumentando exponencialmente a produção, a mercantilização e dando azo às economias capitalistas que se centravam nas grandes cidades (Ribeiro, 2013).

A migração para os grandes centros urbanos, tinha como grande objetivo a procura de emprego, conseguir melhores condições de vida ou mesmo pela necessidade de preparar um futuro melhor para as gerações seguintes. Se o emprego, e a disputa pelo mesmo, aumentou nas cidades, de certa maneira parecia óbvio que seriam necessários conhecimentos mais avançados para conseguir trabalho. Nesta altura, só nas grandes cidades havia essa hipótese de estudar, de obter um grau de aprendizagem superior ao básico (Ribeiro, 2013).

Na Figura 2.1 (agencia ecclesia, 2021), assinala-se a azul o momento mais alto da população, em cada território e, a vermelho, o mais baixo ou da inversão da tendência de expansão, assim é possível observar que distritos do litoral, tais como Lisboa, Setúbal, Porto, Faro e Leiria demonstraram ao longo do tempo, uma tendência de aumento populacional enquanto distritos como Viseu, Braga e Castelo Branco (do interior do país), apresentaram uma tendência decrescente. Em Torres Vedras, verificou-se, também, um aumento populacional, quer devido ao crescimento industrial no município, quer à proximidade a que se encontra de Lisboa.

	1920	1950	1960	1970	1981	1991	2001	2011	2021
Portugal	6080135	8510240	8889392	8663252	9852841	9862540	10356117	10 555 853	10 347 892
Continente	5668232	7921813	8292875	8123310	9344489	9371320	9704645	10041813	9860175
Ilhas Adjacentes	411903	588327	596417	539942	508352	491220	651472	513887	487717
Aveiro	346938	483396	524592	546974	619966	654265	713578	714197	720964
Beja	202914	291024	276895	205179	184252	169438	161211	152758	144410
Braga	378145	546302	596768	612748	709763	748192	846354	639338	632714
Bragança	170188	228358	233441	181239	181375	157809	148808	136252	122623
Castelo Branco	241574	324577	316536	255753	232967	214853	208069	196263	176922
Coimbra	360361	438688	433656	402991	441001	427839	441245	430104	408631
Évora	155918	221881	219916	179744	179241	173654	173408	166726	152436
Faro	270592	328231	314841	268957	328605	341404	395208	451006	467465
Funchal	180360	269769	268937	252953	259251	253425	245012	267785	251060
Guarda	259386	307667	282606	212287	205405	188165	179963	160939	143019
Leiria	309575	395990	404500	378968	418942	426152	459450	470922	458679
Lisboa	743496	1222471	1382959	1581062	2085861	2048180	2136002	2250533	2275591
Açores	231543	318558	327480	266051	249101	237795	241762	246 102	236657
Portalegre	150962	200430	188482	146668	142141	134169	127018	118506	104989
Porto	706229	1053522	1193368	1318774	1561310	1641501	1766840	1817175	1786656
Santarém	335415	460193	461707	430386	458229	444880	454506	453196	425431
Setúbal	186349	325646	377186	471491	654312	712594	788459	779379	808689
Viana do Castelo	230122	279486	277748	251640	255395	250059	250273	244836	231488
Vila Real	234940	319423	325358	266382	263972	236294	223731	212671	191878
Viseu	410884	491628	482416	412067	421752	401871	394927	377653	351592

Figura 2.1 - Evolução da população portuguesa, por distrito, entre 1920 e 2020. Fonte: agencia ecclesia (2021).

Ainda no final do século XIX, surgem as primeiras estâncias balneares, frequentadas pelos estratos sociais mais elevados, o que deu ao concelho de Torres Vedras um grande impulso, devido à sua costa, ideal para a prática de “banhos”. Esta utilização tinha a saúde como principal objetivo, sendo que os utilizadores utilizavam a praia, nomeadamente os banhos, para terapia (Martins, 2011). Adicionalmente foram também verificadas muitas situações de construções para fins habitacionais ou recreativas como bares, hotéis e habitações próximas ao litoral. Este é um aspeto importante, uma vez que todas as atividades antrópicas que modifiquem o natural regime hídrico, como a regularização das linhas de água, as grandes obras de proteção dos canais de navegação de acesso aos portos ou a extração de sedimentos nas bacias hidrográficas, têm consequências no balanço sedimentar com profundas implicações negativas nas zonas costeiras (F. Cardona, 2015). As construções e o desenvolvimento do litoral, em associação ao crescimento demográfico acentuado nas zonas costeiras, foram crescendo exponencialmente até ao presente.

Como consequência, os impactos sobre o litoral aumentaram, associados também ao respetivo aumento da erosão costeira e da taxa de elevação do nível médio do mar, expondo as populações a maiores níveis de risco (F. Cardona, 2015), para além do potencial de destruição que os ecossistemas litorâneos, e a respetiva biodiversidade existente podem sofrer.

2.2. As Alterações Climáticas e o Risco em Zonas Costeiras

As Alterações Climáticas são atualmente uma das temáticas mais debatidas, com os seus efeitos muito presentes no quotidiano, agravados pelas ações antrópicas e todos os desafios que estas implicam. Entende-se, no contexto da Convenção-Quadro das Nações Uni-

das sobre a Mudança de Clima, que as alterações climáticas são definidas como uma mudança do clima atribuída, direta ou indiretamente, à atividade humana (antrópica), que altera a composição da atmosfera e que associada à variabilidade natural do clima é observada por longos períodos (Diego GONÇALVES & Bertolami, 2021).

As alterações climáticas foram particularmente debatidas e de forma intensiva no ano de 2021 na sequência da publicação do sexto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), e aquando da realização do Glasgow Climate Pact (COP26), em novembro de 2021 (Pereira, 2022). Também na 27^a e 28^a Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (COP27 e COP28), foram incluídas referências importantes sobre o oceano, embora as discussões se tenham centrado em apelos e reivindicações à eliminação dos combustíveis fósseis e à sua influência no aquecimento global. Estas referências reconhecem a importância do restauro dos ecossistemas marinhos e das ações de mitigação e adaptação marinhas, reforçando a ligação Oceano-Clima, o que demonstra a necessidade de uma ação rápida que permita dar resposta aos problemas ambientais verificados. Estes problemas são debatidos nas várias Conferências das Partes da Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, sendo notória a constante preocupação pelo crescente problema das alterações climáticas e a procura de soluções.

Na realidade, a preocupação com as alterações climáticas é um tema bastante antigo. Já no século XIX, o matemático e físico Jean-Baptiste Fourier tinha concluído que o planeta deveria ser mais frio do que a meteorologia registava, relativamente à energia recebida pelo sol (Pereira, 2022). A causa deste problema seria mais tarde identificada como o efeito de estufa, sendo este fenómeno a retenção de calor por parte da atmosfera terrestre devido a gases como o CO₂ e o CH₄ (gases frequentemente denominados de gases de efeito de estufa).

A partir da década de 1970 do século XX, este é um problema abordado diversas vezes, em conferências internacionais. Em 1988, no Congresso dos Estados Unidos da América, o cientista da NASA James Hansen alertava para a urgência de mudar o paradigma e que os efeitos do aquecimento global eram notórios (Pereira, 2022).

Reconhecendo uma vez mais a relação inerente entre a Atmosfera e o Oceano, verifica-se que as alterações climáticas têm bastante influência nas zonas costeiras, não só pela expansão térmica do oceano como consequência do aquecimento global, o que promove a subida do nível médio das águas do mar, mas também devido a um aumento da temperatura das águas superficiais e ao aumento da frequência de furacões/temporais. Estes fenómenos têm o potencial de provocar graves consequências como inundações, galgamentos oceânicos, erosão costeira e alteração no transporte de sedimentos (Pereira, 2022).

O aumento recente do Nível Médio do Mar (NMM) deve-se a duas causas essenciais, o degelo das calotes polares e dos lençóis de gelo; e à expansão térmica do oceano em aquecimento, provocadas pelo aumento da temperatura média global à superfície, (Pereira, 2022)

Segundo GTL (2014), o NMM é ainda influenciado pela inércia do sistema climático, principalmente a dos oceanos, ou seja, mesmo após a estabilização da temperatura média global, a taxa de aumento do NMM permanecerá, possivelmente durante séculos a milénios.

A nível nacional, a variação do NMM, observada através da utilização de marégrafos, apresenta um valor bastante próximo da taxa média global, com cerca de 1,5 mm/ano, entre o ano de 1882 e 1990 (Antunes & Taborda, 2009).

Em 2009, Antunes & Taborda demonstram através da análise das medições do NMM obtidas com o marégrafo de Cascais entre 1977 e 2008, que se observa uma tendência crescente do NMM a nível nacional, de cerca de 1,9 a 2,9 mm por ano, com esta realidade tendo tendência, a piorar devido ao aquecimento global. Com as tendências instaladas, é de prever que a médio prazo se amplifique a erosão das zonas húmidas estuarinas e que se verifiquem mais galgamentos oceânicos, bem como assoreamentos nos corpos estuarinos e lagunares (Nunes, 2017).

Por sua vez, o aumento de fenómenos como a erosão e os galgamentos poderão aumentar o perigo a que as populações estão expostas, com o potencial de resultar na perda de habitações e até mesmo de vidas, e na salinização de aquíferos, o que pode levar a perdas agrícolas, e a um recuo da linha de costa (avanço do mar) e impactos no setor turístico (F. Cardona, 2015).

Segundo Cardona, (2015), o fenómeno da erosão costeira é responsável, juntamente com o défice sedimentar, pelo recuo da orla costeira. O balanço sedimentar é definido pela quantificação de entradas (fontes) e saídas (sumidouros) de sedimentos no sistema ou numa célula sedimentar. Se o fornecimento de sedimentos é superior aos sedimentos retirados, então a tendência da linha de costa é de acreção e o balanço sedimentar é positivo, mas se o balanço sedimentar for negativo, então a linha de costa tende a recuar, o que se verifica atualmente. O fornecimento de sedimentos que alimentam as praias podem ser provenientes das bacias hidrográficas, da erosão das margens ou através da alimentação artificial.

Outro fenómeno a ter em atenção são os galgamentos, que provêm das ondas. A propagação das ondas é condicionada por diversos fenómenos físicos como, por exemplo, os fenómenos associados às variações batimétricas do fundo, à existência de obstáculos, à presença de correntes longitudinais ou transversais à costa, à dissipação de energia por rebentação de ondas, atrito de fundo ou por percolação no fundo, à interação entre ondas e/ou ondas-correntes (Neves, 2009). Com efeito, à medida que as ondas se aproximam da costa e se verificam alterações na batimetria do fundo, ocorre a modificação da velocidade e da direção de propagação da onda (refração) e uma redistribuição da energia ao longo das cristas (difração). A diminuição da profundidade é geradora de um aumento da instabilidade da onda que culmina na rebentação, fenómeno que provoca a dissipação de energia da onda (Costa, 2017). Por outro lado, quando se verifica a incidência de uma onda sobre uma estrutura marítima, parte da sua energia é refletida para o largo (reflexão), sendo que outra é dissipada através de vários processos físicos (por rebentação, percolação e por atrito) e a restante é transmitida através (transmissão) ou sobre a estrutura (espraiamento e/ou galgamento) (Costa, 2017). O galgamento é caracterizado pelo transporte de uma massa de água sobre o coroamento de uma estrutura e que se verifica quando a energia de uma onda incidente é de tal ordem elevada que o nível de água na face da estrutura excede a sua cota máxima, denominada por cota de coroamento (Costa, 2017).

As alterações climáticas, a subida do nível médio das águas do mar, a erosão, os galgamentos e a redução de sedimentos são fatores que influenciam os níveis de perigo, exposição, vulnerabilidade e risco para as populações. A avaliação da vulnerabilidade, exposição e risco é um processo fundamental para uma gestão sustentável das zonas costeiras (Mesuras, 2018). Vulnerabilidade pode ser definida como o grau de suscetibilidade de um sistema à lesão, dano ou prejuízo (Mesuras, 2018). Em relação às zonas costeiras, considera-se vulnerabilidade como a suscetibilidade das orlas costeiras às ações energéticas do mar (Mesuras, 2018). 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 (Mesuras, 2018). Já o conceito de exposição é definido como a existência de pessoas e bens localizados em zonas de risco (Mesuras, 2018). O risco resulta da combinação da probabilidade da ocorrência de um perigo com as consequências (Mesuras, 2018). O risco também pode ser definido como o produto entre a vulnerabilidade e exposição (F. 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 (Mesuras, 2018). O aumento da resiliência de um território pode ser conseguido através de um bom ordenamento do território.

2.3. Estratégias e Opções de Adaptação Costeira

2.3.1. Estratégias de Defesa/Proteção, Acomodação e Recuo/Retirada/Relocalização

A gestão costeira deve ser feita de forma sustentável e integrada para evitar ou mitigar problemas graves como erosão e galgamentos, e ainda como forma de diminuir o perigo a que as populações que vivem nas regiões litorâneas estão expostas. Neste sentido devem ser estudadas soluções para este problema, das quais se verificam 4 estratégias para a gestão costeira (Williams et al., 2018):

1. Defesa/Proteção – caracteriza-se por ser uma estratégia dispendiosa e temporária, no entanto com efeitos momentâneos, razão essa por que tem grande utilização política; alguns exemplos são construções longitudinais, paredões e esporões;
2. Acomodação – passa por uma estratégia de adaptação, sendo possível continuar a fazer uso dos terrenos em questão; alguns exemplos são a construção com recurso a palafitas e muretas;
3. Recuo/Relocalização/Retirada – como o nome indica, esta estratégia passa por relocalizar infraestruturas, sendo a mais fácil e económica;
4. Sacrifício – esta estratégia tem como base a premissa que a natureza, poderá reabilitar através da sua ação, as características adequadas de um determinado local que sofreu erosão, com possibilidade de ocorrer expropriação e/ou compensação.

Considerando as três estratégias principais destacam-se as estratégias de defesa, acomodação e retirada, verificando-se as seguintes vantagens e desvantagens (F. S. Cardona et al., 2020), descritas na Tabela 2.1 e na Tabela 2.2, respetivamente.

Tabela 2.1 - Vantagens das estratégias de Defesa, Acomodação e Retirada. Fonte: Cardona et al. (2020).

Vantagens		
Defesa	Acomodação	Retirada
• Defesa da população costeira face ao mar; • Mantêm a linha de costa em áreas com paredões (por exemplo), prevenindo o seu recuo; • As infraestruturas de defesa retêm sedimentos aumentando a largura da praia; • Diminuição da frequência de inundações costeiras; • Ganho de habitat (paredões, quebra-mares, esporões); • Possibilidade de as comunidades costeiras continuarem a viver nos mesmos lugares.	• Reduzem o risco para populações e bens, enquanto a comunidade se adapta e aumenta a capacidade para lidar com os impactes; • Capacidade da população de continuar a viver nos mesmos lugares; • Não se verificam mudanças na dinâmica litoral.	• Esta estratégia é a que mais minimiza o risco, uma vez que os edifícios em risco são realocados para áreas sem riscos marítimos; • Ganhos em espaços públicos não construídos, com a dupla função de estas medidas serem barreiras às ações marítimas e, ao mesmo tempo, usadas como zonas de recreação e lazer; • A permeabilização do solo aumenta, reduzindo a ocorrência de inundações do litoral; • A renaturação também aumenta a retenção de sedimentos e, portanto, reduz a erosão costeira; • Habitats anteriormente ocupados por edifícios reaparecem; • Redução de custos dos danos por galgamento costeiro e inundações; • Restauração da natureza e do património ambiental; • Aumento da paisagem e do valor ambiental; • Não alteram a dinâmica do litoral.

Tabela 2.2 - Desvantagens das estratégias de Defesa, Acomodação e Retirada. Fonte: Cardona et al. (2020).

Desvantagens		
Defesa	Acomodação	Retirada
• Interferências na dinâmica costeira; • Os paredões aumentam a erosão local, ao atingir estas estruturas, o mar provoca o retorno das correntes que removem sedimentos; • Impacto visual e perda de valor paisagístico; • Erosão local.	• Não reduzem o perigo, podendo colocar os habitantes em risco; • Caso as infraestruturas de defesa não sejam mantidas, o perigo de galgamento e inundações irá aumentar.	• Retirada no litoral, com perda de terras; • Mudança no uso do terreno; • Mudança de habitat; • Hesitação da comunidade na mudança, devido às tradições locais e paisagens, bem como mudanças em comunidades e estilos de vida.

Existem variados tipos de soluções para praias, dunas, arribas e proteção de infraestruturas/populações, como se expõe de seguida.

2.3.1.1 Praias

Nas praias os processos de defesa podem ser desempenhados por esporões, quebra-mares, defesa aderente e alimentação artificial.

Os esporões, quebra-mares e a defesa aderente são estruturas que têm o objetivo de diminuir a erosão costeira, aumentar e estabilizar a praia através da retenção da deriva litoral, e impedir a migração de sedimentos, com os sedimentos ficando retidos a barlamar da estrutura, contudo a sotamar da mesma a erosão é aumentada devido à geração adicional de turbulência (F. Cardona, 2019). Por esta razão é frequente ser observada a construção de campos de esporões para diminuir o efeito da erosão acrescida a sotamar dos esporões (F. Cardona, 2015).

A defesa 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. Este tipo de infraestruturas é utilizado para fixar ou até mesmo avançar a linha de costa (Mesuras, 2018). A defesa aderente não retém sedimentos, antes pelo contrário, aumenta a erosão na sua frente, provocada pelo aumento de turbulência, diminuindo muitas vezes a largura da praia (F. Cardona, 2019).

Por sua vez, a alimentação artificial tem como objetivos manter ou aumentar a largura das praias, através da reposição de sedimentos e redução da energia das ondas que chegam às praias (F. Cardona, 2019). Na Figura 2.2 representam-se algumas soluções para a proteção de praias.

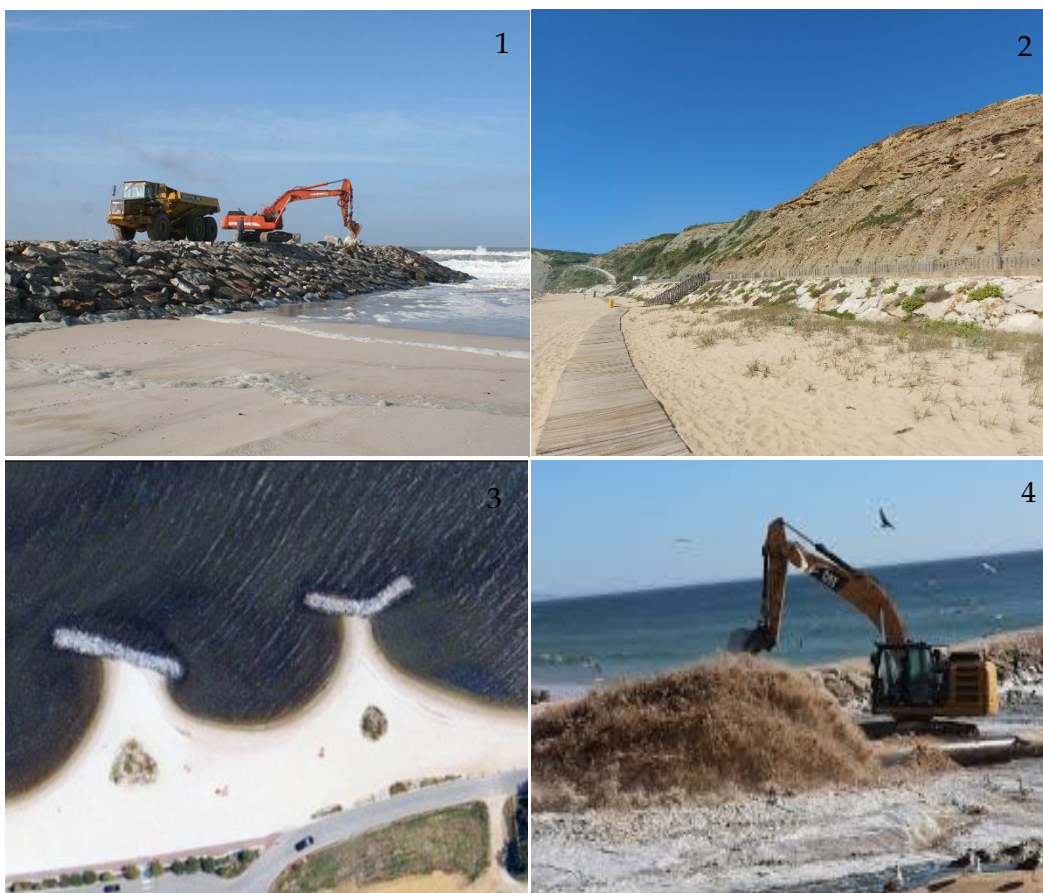


Figura 2.2 - Soluções para a proteção de praias (1- esporão, 2- defesa aderente, 3- quebra-mar destacado, 4- alimentação artificial). Fontes: 1) Câmara Municipal da Murtosa (2020); 2) Fotografia de Tiago Coelho (2024); 3) Cardona (2019); 4) O Setubalense (2024).

2.3.1.2 Dunas

As dunas eólicas (ou mais simplesmente dunas) ocorrem em áreas onde o vento, pela sua constância ou velocidade, ou pela ausência de obstáculos, constitui o principal agente de mobilização, transporte e acumulação de sedimentos. Estas condições existem nos desertos, nas áreas de neves perpétuas e nos litorais (Ramos-Pereira & Angelucci, 2005). Nas dunas os processos de defesa utilizados consistem em geotubos ou geotêxtis, recuperação dunar e alimentação dunar.

Os geotubos ou geotêxtis são sistemas tubulares têxteis ou mangas preenchidas com sedimentos utilizados em obras hidráulicas na defesa costeira e reabilitação do sistema dunar (F. Cardona, 2019). Podem ser utilizados como uma defesa aderente ou para a criação de diques de areia. Após a instalação dos geotubos e ao longo do tempo devem recobrir-se com sedimentos para evitar a sua rutura e mitigar os efeitos negativos paisagísticos.

A recuperação dunar tem o objetivo de promover a fixação das areias através da plantação de vegetação dunar autóctone e da proteção das mesmas, retirando espécies invasoras, e prevenindo o pisoteio, tornando o cordão dunar mais resiliente à ação do mar, funcionando como uma barreira natural ao avanço das águas (F. Cardona, 2019). Pode ainda ser alcançado

pela instalação de paliçadas e vedações. 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 (Mesuras, 2018). Na Figura 2.3 apresentam-se algumas soluções para a proteção de dunas.



Figura 2.3 - Soluções para a proteção de dunas (1- geotubos colocados a sotamar do esporão na praia da Cova Gala, Figueira da Foz, 2- recuperação dunar). Fontes: 1) T. Mesuras & Cruz (2019); 2) Mota-Engil ATIV (2023).

2.3.1.3 Arribas

Arriba é um termo geral que se refere a encostas íngremes ao longo das costas dos oceanos e lagos. As arribas originam-se tipicamente por processos erosivos marinhos ou lacustres, particularmente quando a linha de costa transgride em direção à terra com um aumento do nível da água (Vieira, 2018). Nas arribas podem ocorrer desabamentos, como tal algumas soluções passíveis de aplicar na arriba são as faixas de risco, placas de aviso e técnicas de intervenção.

A primeira medida a aplicar numa arriba são as faixas de risco, com estas devendo ser definidas ao longo da costa para evitar a construção de infraestruturas em zonas de perigo. A população deve ainda ser alertada para o risco que corre nestas zonas, cumprindo os avisos e as sinalizações existentes. Existem diversos tipos de faixas de risco, dependendo da zona em estudo: faixa de risco adjacente ao sopé da arriba, faixa de risco adjacente à crista da arriba, e faixa de proteção adicional (Vieira, 2018). Após a demarcação das faixas de risco, as placas de aviso devem ser colocadas nos pontos corretos e em número adequado, devendo ter uma manutenção adequada e ser protegidas de ações de vandalismo. As faixas de risco pretendem, conter a exposição de pessoas e bens aos riscos de erosão costeira, galgamentos e inundações, bem como as instabilidades de arribas, havendo faixas de salvaguarda para litoral arenoso e para litoral de arriba. Visam assim, garantir a proteção territorial face aos riscos costeiros e assegurar uma evolução das formas de uso e ocupação do território adaptada à evolução climática e consequente agravamento da vulnerabilidade costeira (Miranda, 2016). Na Figura 2.4 apresenta-se uma placa de aviso/delimitação de faixas de risco.



Figura 2.4 - Placa de aviso degrada. Fonte: APA (2012).

Técnicas de Intervenções Corretivas

As Intervenções Corretivas também chamadas de intervenções ligeiras englobam as técnicas de drenagem e saneamento de blocos.

A drenagem é uma técnica que reduz a pressão das águas subterrâneas e superficiais. Esta técnica é sempre benéfica para a estabilidade das arribas e, consequentemente, as medidas de drenagem são muito propensas a formar uma parte importante da maioria dos planos de estabilização, com exceção de algumas arribas simples constituídas por rocha (Vieira, 2018). Os dispositivos de drenagem favorecem a descarga controlada das águas pluviais e minimizam o efeito erosivo das águas na face da arriba (Miranda, 2016).

Por sua vez o saneamento de blocos permite a estabilização de encostas rochosas, com esta técnica sendo realizada pela remoção de rochas instáveis. Em geral, a remoção de rochas é um método preferido de estabilização porque o trabalho eliminará o perigo e não será necessária manutenção futura. No entanto, a remoção só deve ser usada onde é certo que a nova face será estável e não existe risco de instabilização da parte superior da vertente (Vieira, 2018). Na Figura 2.5, representa-se um exemplo de saneamento de blocos.



Figura 2.5 - Soluções para a proteção de arribas (saneamento de blocos).
Fonte: Câmara Municipal de Peniche (2018).

Técnicas de Intervenções de Minimização

As intervenções de minimização, também chamadas de intervenções intermédias, englobam as técnicas de reperfilamento, vegetação, barreiras dinâmicas, redes tensionadas, redes de malha hexagonal e o reforço geossintético.

O reperfilamento é uma técnica que consiste em operações de modelação das fachadas das arribas. É usado preferencialmente em arribas de rochas brandas de difícil estabilização, ou nos casos de arribas mistas com camadas resistentes e menos resistentes, como maciços alternados de margas e calcários margosos. No entanto esta técnica é pouco viável para arribas que excedam os 10 metros face à acessibilidade necessária a partir da crista ou sopé (Miranda, 2016).

Segundo Vieira (2018), a vegetação tem igualmente sido cada vez mais utilizada para estabilização de arriba, especialmente como forma de reduzir o impacto visual e melhorar o meio ambiente. A vegetação pode proporcionar um aumento positivo na capacidade para resistir a uma possível rotura e reduzir o risco de falha associada à variação natural das condições do local, como em zonas de material fraco ou em casos de infiltração de água, com as plantas absorvendo parte da água e minimizando potenciais cursos de água, o que diminui a desagregação do solo (Vieira, 2018). É ainda importante utilizar vegetação nativa ao local da intervenção.

As barreiras dinâmicas são compostas por um elemento de extensão reparável, em forma de malha metálica, capaz de se deformar quando bloqueia a trajetória de queda de uma rocha, transmitindo a energia cinética da mesma, através de um sistema de cabos, pregagens e dissipadores de energia (Vieira, 2018). De forma semelhante as redes tensionadas, são caracterizadas por aço em pré-esforço que pode ser usado de várias formas, usualmente fios, cabos ou barras.

Os sistemas de rede de malha hexagonal são mais tipicamente usados para mitigar a queda de rochas de pequeno volume. A queda de blocos é uma ocorrência comum, portanto, os sistemas são frequentemente instalados em arribas com massas de rochas altamente fraturadas (Vieira, 2018). Existem duas abordagens generalizadas de sistemas da malha: sistemas de pregagens e sistemas de encaminhamento. Estes dispositivos contêm energia cinética de blocos que se soltam, confinando a sua ação a uma faixa muito estreita junto ao sopé, aumentando assim a segurança de pessoas e bens expostos (Miranda, 2016).

Por fim, o reforço geossintético é composto por tecidos ou não tecidos porosos, flexíveis e feitos pelo homem que atuam para reforçar e aumentar a estabilidade de estruturas, e, assim, permitir um declive mais acentuado. Os geossintéticos podem ser utilizados para filtração, drenagem, separação, reforço, barreira de fluidos e proteção (Vieira, 2018). Na Figura 2.6 encontram-se alguns exemplos de soluções para a proteção de arribas (reperfilamento, vegetação e barreiras dinâmicas).



Figura 2.6 - Soluções para a proteção de arribas (1 - reperfilamento, 2 - vegetação, 3 - barreiras dinâmicas).

Fontes: 1) torres vedras web (2019); 2) Fotografia de Tiago Coelho (2024); 3) Solutioma (2024).

Técnicas de Intervenções de Estabilização

As intervenções de estabilização, também chamadas de intervenções pesadas, englobam as técnicas de pregagens, betão projetado e muros de suporte/estruturas de contenção.

A técnica de pregagens pretende reforçar o solo, onde se colocam varões de aço para aumentar a força da massa do solo, resistindo contra os esforços de tração, corte e flexão impostos pelos movimentos da arriba. Este é um método de reforço in-situ que utiliza inclusões passivas que se mobilizam em caso de movimento ao longo da superfície de rotura (Vieira, 2018). De forma semelhante a técnica de betão projetado irá confinar o terreno e evitar a queda de pequenos blocos de rocha como o desgaste progressivo que eventualmente pode produzir saliências instáveis (Vieira, 2018), sendo importante garantir a sua drenagem (Miranda, 2016).

Por sua vez os muros de suporte/estruturas de contenção são estruturas de engenharia construídas para resistir às forças laterais impostas pelos impulsos do solo e pela pressão da água. Adicionalmente a menos que a parede seja projetada para reter água, é importante uma drenagem adequada para limitar a pressão na parede (Vieira, 2018). Na Figura 2.7, é possível ver o exemplo de uma obra de muros de suporte/estruturas de contenção.



Figura 2.7 - Soluções para a proteção de arribas (muros de suporte/estruturas de contenção).
Fonte: soplacas (2012).

2.3.1.4 Infraestruturas/Populações

Para a salvaguarda de Infraestruturas e Populações existem várias soluções de Acomodação como a elevação de edifícios e as suas diferentes vertentes técnicas (como a elevação em fundações corridas de parede, elevação para edifícios em alvenaria, impermeabilização externa e impermeabilização interna), sistemas de alerta, espaços multifuncionais e resilientes, infraestruturas verdes, pavimentos permeáveis, sistemas de drenagem, bacias de retenção, barreiras de proteção, usos sazonais e condicionamento de usos abaixo de cotas de inundação e ainda a estratégia de Relocalização.

A elevação de edifícios tem o objetivo de elevar o piso térreo para uma cota, no mínimo, superior à cota de inundação, apesar de ser aconselhável existir uma margem, uma vez que esta cota não é uniforme, podendo sofrer alterações, principalmente devido aos efeitos das alterações climáticas que modificam o padrão climático e consequentemente as cotas de inundação (F. Cardona, 2019). A estratégia a adotar depende do tipo de edifício em questão.

A elevação em fundações corridas de parede é realizada por fundações geralmente em zonas em que a inundação é contínua, em que perdura por um longo período, ou em caso de avanço das águas, por forma a aumentar a resistência das fundações à ação contínua da água. Contudo, é aconselhável que a intensidade e velocidade da ação das ondas seja reduzida para evitar a rutura das fundações, sendo por isso desaconselhável a opção destas fundações em zonas costeiras em que o perigo são as inundações costeiras esporádicas e intensas (F. Cardona, 2019). Neste tipo de elevação, onde a inundação é de longo período, é aconselhável que o material das fundações seja resistente à água e que as fundações, apesar de contínuas, tenham aberturas, permitindo a circulação da água, por forma a diminuir a pressão hidrostática e, assim, diminuir o risco de colapso. Adicionalmente a técnica de elevação para edifícios em alvenaria realiza-se através da extensão das paredes para cima e construção de um novo piso ou a deslocação da zona habitável do piso térreo para um piso superior já existente. Para além da elevação de edifícios, existem ainda técnicas de impermeabilização, com estas podendo ser externas ou internas.

A impermeabilização externa (Dry Floodproofing) é um método de adaptação com o objetivo de impedir a entrada de água de inundação no interior do edifício com a impermeabilização externa do mesmo, até pelo menos à cota de inundação prevista (F. Cardona, 2019). Estas estruturas podem ser fixas ou removíveis, e no caso de serem removíveis é aconselhado um sistema de alerta, para que as populações tenham tempo de defender os edifícios. Este tipo de impermeabilização pode permitir que o edifício resista à pressão que a água exerce no edifício limitando os danos estruturais (Mesuras, 2018).

Por sua vez a impermeabilização interna (wet floodproofing) baseia-se em deixar a água entrar livremente no edifício através da adaptação interna do mesmo até à cota de inundação. É aconselhável que se façam aberturas até à cota de inundação nas paredes do edifício a adaptar, para diminuir a pressão hidrostática e, conseqüentemente, diminuir o risco de colapso das paredes (F. Cardona, 2019).

Os sistemas de alerta são sistemas de previsão e de avaliação de risco que, através da medição e previsão dos perigos, determinam os seus efeitos com antecedência e avisam as autoridades locais para que, consoante o risco, alertem a população (F. Cardona, 2019). Com estes sistemas é possível avaliar em tempo real emergências e emitir alertas dirigidos às autoridades responsáveis pela prevenção e minimização de riscos costeiros, nomeadamente a Autoridade Nacional de Proteção Civil, sempre que se preveja que a população, bens e atividades económicas possam estar em perigo, e para a produção de mapas de risco. 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 (Mesuras, 2018)

Os espaços multifuncionais e resilientes são uma adaptação do espaço urbano, devido ao aumento do nível médio do mar e ao aumento do perigo de inundações e galgamentos oceânicos decorrentes dos efeitos das alterações climáticas, associados à elevada densidade populacional nas zonas costeiras. Esta ação é realizada através de um planeamento e ordenamento urbanístico resiliente com espaços multifuncionais que diminuam o risco de inundação ao mesmo tempo que proporcionam outras funções à população, tais como lazer, sumidouros de carbono, espaços de sombra e habitats (F. Cardona, 2019).

Segundo a comunicação sobre infraestruturas verdes (F. Cardona, 2019), estas são um instrumento que fornece benefícios ecológicos, económicos e sociais através de soluções baseadas na natureza, com a incorporação de espaços verdes e/ou azuis, fornecendo serviços ambientais e melhorando o bem-estar e a qualidade de vida da população humana, diminuindo os efeitos das alterações climáticas. Com o aumento da ocupação urbana no litoral, aumentou a artificialização e impermeabilidade do solo. Em caso de galgamento, a existência de pavimentos impermeáveis promove o escoamento superficial na frente urbana e dentro do aglomerado. No entanto os pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água do mar diminuindo ou impedindo na totalidade o escoamento superficial no aglomerado urbano (Mesuras, 2018). Por sua vez os sistemas de drenagem têm o objetivo de escoar águas pluviais ou de inundação costeira acumuladas nas áreas urbanas para fora das mesmas, encaminhando-as, por exemplo, para zonas de encaixe como bacias de retenção, rios, lagos, e espaços verdes de elevada permeabilidade. Estes sistemas devem ser preferencialmente naturais pois funcionam como zonas verdes, realizando ações como a sedimentação, filtração e biofiltração, adsorção, biodegradação e flotação (F. Cardona, 2019).

As bacias de retenção são importantes para a regulação dos caudais das águas pluviais e/ou águas de inundação costeira (F. Cardona, 2019), armazenando águas. Este armazenamento permite diminuir os caudais e reduzir os riscos de inundação. Estas bacias promovem espaços agradáveis para a população e criam habitats para a fauna e flora, promovendo a biodiversidade e a interação entre a população e a natureza, com a água podendo ser utilizada para o combate a incêndios, ou resolver problemas de seca.

As barreiras de proteção fazem parte de uma técnica de adaptação, servindo de entrave à progressão natural das águas pluviais ou de galgamentos costeiros, permitindo a proteção de aglomerados urbanos (Mesuras, 2018). Estas barreiras podem ser amovíveis ou rebatíveis, permitindo serem utilizadas como proteção durante uma inundação ou serem utilizadas como um pavimento rodoviário ou pedestre quando não ocorra inundações, não ocupando espaços adicionais.

O uso sazonal não permite o uso permanente, sendo indicada para infraestruturas como apoios de praia, segundas habitações ou estruturas de recreio e lazer, das quais será feito um uso sazonal (F. Cardona, 2019). 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 (Mesuras, 2018). 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 (Mesuras, 2018).

Para finalizar as estratégias de acomodação, é ainda abordada a técnica do condicionamento de usos abaixo de cotas de inundação sendo esta uma estratégia idêntica à estratégia de usos sazonais, pois condiciona a ocupação de zonas suscetíveis a inundações costeiras ou pluviais. A ocupação destas zonas poderá ser realizada por usos não permanentes, tais como o lazer ou recreio (F. Cardona, 2019).

A estratégia de Relocalização (ou Retirada) consiste na remoção dos edifícios e dos usos de zonas ameaçadas pelo mar, transferindo os mesmos para zonas mais interiores, sem risco de galgamentos, erosão e inundações costeiras. Geralmente esta estratégia é adotada quando o risco é insustentável, e quando as outras estratégias de adaptação deixam de ser eficazes na redução do risco costeiro e em que a única hipótese é a retirada destas zonas (Williams et al., 2018). Na Figura 2.8, apresentam-se alguns exemplos de soluções para a proteção de infraestruturas/populações (pavimento permeável e sistema de drenagem).

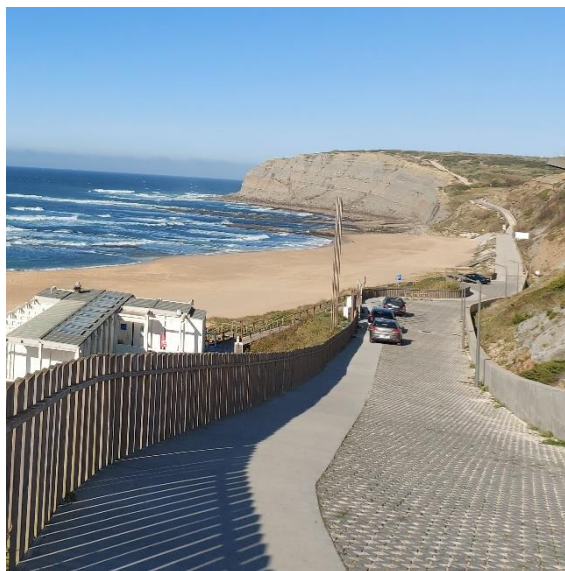


Figura 2.8 - Soluções para a proteção de infraestruturas/populações (pavimento permeável).
Fonte: Fotografia de Tiago Coelho (2024).

2.3.2. *Nature-Based Solutions*

No passado, a proteção das zonas costeiras contra a erosão e as inundações baseou-se principalmente em infraestruturas de engenharia “duras” convencionais, tais como diques, esporões, estruturas inclinadas e estruturas offshore. No entanto, o reconhecimento de que estes esforços são inadequados para enfrentar o aumento e intensificação dos riscos costeiros associados às alterações climáticas, fez aumentar a procura por soluções mais adaptáveis, económicas, resilientes, sustentáveis e que permitam uma gestão ecologicamente correta (Motta Zanin et al., 2024).

Uma das abordagens mais recentes e potencialmente mais promissoras para proteger as zonas costeiras é a implementação de soluções baseadas na natureza (NBS) (Motta Zanin et al., 2024). Considerando o risco crescente das alterações climáticas e dos desastres naturais, existe um claro sentido de urgência para integrar a natureza nos processos de tomada de decisão do sector público e privado, acelerando abordagens baseadas nos ecossistemas (De Klerck & De Baets, 2020).

A Comissão Europeia define NBS como "soluções inspiradas e sustentadas pela natureza, que são economicamente viáveis, proporcionam benefícios simultaneamente ambientais, sociais e económicos e ajudam a aumentar a resiliência; estas soluções trazem um número maior e mais diversificado de características e processos naturais e da natureza às ci-

dades, paisagens terrestres e marinhas, através de intervenções adaptadas aos locais, e eficientes em termos de recursos e ecossistemas". Salienta ainda que as "soluções baseadas na natureza devem beneficiar a biodiversidade e apoiar a prestação de uma gama de serviços ecossistémicos" (CORDIS - EU research results, 2023).

As NBS associadas à gestão de riscos climáticos costeiros são caracteristicamente projetadas para melhorar estruturas costeiras ou habitats e características costeiras naturais, para proporcionar um conjunto de benefícios às pessoas e aos ambientes costeiros (Motta Zanin et al., 2024).

Alguns exemplos deste tipo de NBS em praias podem ser verificados em dunas, sapais, mangais e ervas marinhas. Verifica-se ainda que, a restauração ou proteção de ecossistemas costeiros pode reduzir a vulnerabilidade da erosão e proteger a costa contra o aumento de situações de inundação, oferecendo inúmeros benefícios para o sistema socioecológico (Motta Zanin et al., 2024).

As NBS têm sido divididas em três tipos, de acordo com o nível de intervenções humanas adotadas (Motta Zanin et al., 2024): i) baixas intervenções humanas; ii) intervenções humanas médias; e iii) altas intervenções humanas. A primeira categoria refere-se a abordagens que visam preservar e manter o bom funcionamento dos ecossistemas; o segundo para todas as estratégias que apoiam a sustentabilidade e melhoria dos serviços ecossistémicos multifuncionais; com o terceiro referindo-se a maiores modificações no ecossistema (por exemplo, soluções híbridas). Segundo Zanin et al. (2024), foram ainda identificadas quatro dimensões como aspetos necessários a serem investigados para obter uma compreensão abrangente do estado de adoção de soluções baseadas na natureza para gestão de riscos costeiros sendo: 1) finalidade da implementação do NBS; 2) alcance do objetivo pretendido na implementação do NBS; 3) tipo de processo realizado para a definição, projeto, implementação e manutenção; e 4) impactos das mudanças climáticas sobre o NBS.

Tendo em conta os três tipos de Soluções Baseadas na Natureza de intervenção humana (baixa, média e alta), a análise de Motta Zanin et al. (2024) mostra que apenas uma NBS foi reconhecida como "Baixa intervenção humana" (conservação de ervas marinhas), seis como "Intervenção humana média" (restauração de ervas marinhas, restauração de dunas, alimentação de praias, restauração de entrega de sedimentos, restauração de zonas húmidas e restauração florestal) e quatro como "Alta intervenção humana" (sistemas de drenagem de infraestruturas, barreiras costeiras, terraços com muros de pedra e construção de dunas).

As NBS são o suporte dos ecossistemas autóctones e da paisagem e apresentam funções de "corredor ecológico" ao providenciar habitats para a fauna e flora, funções sociais e culturais ao promover um equilíbrio paisagístico, e propiciando à população espaços livres de recreio e lazer (Pires, 2022). Estas estruturas apresentam variadas funções, sendo que todas remetem para a capacidade de planejar, projetar e conservar a natureza de modo que todos consigam beneficiar dos serviços e recursos que estas oferecem (Pires, 2022).

As NBS contribuem ainda para o restauro dos ecossistemas, aumentando a sua resiliência, com o intuito de mitigar os riscos inerentes às alterações climáticas, como a subida do

nível do mar, galgamentos e inundações costeiras e possibilitando a criação de uma estrutura benéfica para as gerações futuras (Pires, 2022).

As infraestruturas verdes e naturais nos sistemas costeiros têm uma elevada eficácia na dispersão da energia das ondas e do vento, atuando como barreiras físicas naturais à ação dos ventos, das ondas e das marés. Geralmente, as NBS são de menores custos e maior eficácia, comparativamente com outras soluções, sendo de realçar as técnicas de proteção e de restauro ecológico, que adotam infraestruturas verdes como solução de problemas, diminuindo o risco (Pires, 2022)

As partes interessadas consideraram, no entanto, as alterações climáticas como um fator limitante da eficácia das NBS. Os resultados mostram que a frequência e a intensidade dos eventos climáticos extremos provavelmente reduzirão a funcionalidade e a eficácia das NBS, reduzindo a capacidade das mesmas para lidar com o risco e proporcionar co-benefícios. Estes co-benefícios são maioritariamente quatro, nomeadamente valor estético, valor recreativo, marca da cidade e potencial para oportunidades económicas e empregos verdes (Gómez Martín et al., 2020). No entanto, as compensações entre os co-benefícios podem surgir devido a diferenças entre as perceções das partes interessadas, o que significa que os co-benefícios entregues pelas NBS podem ser avaliados de forma diferente dependendo da parte interessada (Gómez Martín et al., 2020). Devem ser igualmente adotadas abordagens de modelagem de cenários considerando projeções climáticas, que são cruciais para compreender os desafios e as limitações das NBS no contexto das alterações ambientais.

É ainda de destacar que as NSB afetam variadas partes interessadas, incluindo ONG, governos nacionais e locais, cientistas ou membros da sociedade civil (Gómez Martín et al., 2020), tornando-se assim importante considerar todas as partes interessadas, e difundir corretamente a informação sobre as NSB a implementar de forma a que os benefícios sejam maiores.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e do Acordo de Paris respetivamente destacam e enfatizam a importância de utilizar a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas para manter as atividades económicas e o bem-estar das comunidades locais, e a necessidade de práticas integradas de uso da terra e restauração da paisagem, sendo estas abordagens que facilitam uma maior ambição climática. No entanto, a compreensão limitada das várias dimensões, fatores e subfatores podem retratar as NSB como uma opção menos atraente em comparação com as abordagens convencionais. Consequentemente, tal pode impedir a tomada de decisões em relação a futuros investimentos em projetos baseados na natureza. Além disso, em muitos casos, as soluções baseadas na natureza competem pelo uso da terra e mudam com os objetivos económicos (Motta Zanin et al., 2024). Em conclusão as NBS são essenciais para o aumento da resiliência das zonas costeiras portuguesas e das comunidades, pelo que devem ser exploradas de forma a desenvolver soluções eficientes, demonstrando assim a eficácia e o baixo custo deste tipo de soluções.

Existem variadas soluções de base natural. De seguida apresentam-se algumas delas, com comprovada relevância para Portugal.

A reconstrução de dunas representa uma solução viável e económica baseada na natureza, que pode impulsionar tanto o impacto ecológico de conservação dos habitats e das dunas como o fornecimento de serviços de ecossistemas (Della Bella et al., 2021). A reconstrução de dunas normalmente requer a acumulação de areia através de sistemas passivos de captura de areia ou a nutrição ativa das dunas (Della Bella et al., 2021). A consolidação da areia é conseguida através da plantação de "espécies engenheiras" de ecossistemas, que prendem grãos de areia através dos seus órgãos subterrâneos levando à formação de cristas de dunas. As plantas crescerão juntamente com as dunas, tornando as dunas naturais, sustentáveis e em soluções económicas para a proteção costeira, dissipando a energia das ondas, de tempestades e reduzindo a erosão (Della Bella et al., 2021). Além disso, em ambientes físicos extremos, as plantas são essenciais para a biodiversidade, uma vez que estas melhoram o stress físico, criando assim condições adequadas para a criação de habitats para organismos que de outra forma seriam incapazes de tolerar condições físicas extremas (Della Bella et al., 2021).

A alimentação de praia é definida como o processo de colocação mecânica ou hidráulica de areia diretamente sobre uma costa em erosão para restaurar ou formar, e subsequentemente manter, uma proteção adequada ou recreação desejada de uma praia. Pode ainda ser definido como colocar deliberadamente uma quantidade de areia numa praia em erosão ou criar uma praia onde antes não existia praia ou apenas uma praia estreita, no entanto o processo pode também incluir a deposição offshore de material para construir uma berma artificial (Speybroeck et al., 2006).

Os efeitos ecológicos da alimentação de praia podem ser divididos em três grupos principais: (1) efeitos relacionados diretamente com aspetos do projeto de alimentação e construção; (2) efeitos relacionados às características de qualidade do sedimento nutritivo; e (3) efeitos relacionados à quantidade de sedimento nutricional (Speybroeck et al., 2006). Aspetos de todos os três grupos afetam a biota através de impactes no seu habitat. Os efeitos são também influenciados pelo (1) local, tempo e tamanho do projeto de nutrição e (2) pela técnica de nutrição/estratégia escolhidas (Speybroeck et al., 2006). A alimentação de praias parece obter melhores resultados aquando da sua realização no início da primavera, depois do período de tempestades, no entanto muitos dos comportamentos desta técnica são ainda desconhecidos ou pouco documentados. Esta técnica é geralmente utilizada, onde já existem bancos de areia. Atualmente a alimentação artificial de praias é a estratégia preferida da Holanda e essa tendência parece continuar a existir para o futuro (Brand et al., 2022).

Por sua vez, tanto a regressão costeira como a perda de elevação só podem ser compensados a longo prazo com medidas de restauração do fluxo de sedimentos, destinadas a recuperar o porte de sedimentos inorgânicos dos rios. Um projeto que pretendeu estudar este fim, através da geração de matéria orgânica nas zonas húmidas e campos de arroz foi o projeto IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) de 2019, cujos processos naturais podem ser otimizados através de técnicas inovadoras de Engenharia Ambiental. Verifica-se que um projeto com este formato permite o desenvolvimento e aplicação de novas estratégias de adaptação para lidar com a perda de elevação, causada pelo aumento do nível do

mar e regressão costeira nos deltas. Além disso, as medidas de adaptação podem ser combinadas com medidas de mitigação destinadas a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e aumentar a quantidade de carbono armazenado em campos de arroz e zonas húmidas (Ventín & Marín, 2019). O cultivo de arroz em campos inundados é considerado uma fonte significativa de GEE especialmente de metano (CH_4). Sabe-se também que uma das maneiras mais eficientes de reduzir essas emissões sem afetar a produção de arroz é arejar o solo em momentos específicos, com o projeto IUCN atuando na:

1. Otimização da elevação do solo (através de insumos de sedimentos inorgânicos e orgânicos) para um acréscimo e progradação para compensar o nível relativo de subida do mar (levando também em consideração a subsidência e o baixo fluxo de sedimentos);
2. Redução da erosão costeira;
3. Aumentar a acumulação (sequestro) de carbono no solo;
4. Reduzir as emissões de GEE por meio de uma gestão dos campos de arroz (uma vez que estes podem libertar carbono ou atuar como sumidouros de carbono);
5. Melhorar a qualidade da água através das zonas húmidas construídas.

Na Figura 2.9, pode observar-se uma obra de restauração do fluxo de sedimentos.



Figura 2.9 - *Nature-Based Solutions* (restauração do fluxo de sedimentos).

Fonte: industriaambiente (2023).

As barreiras costeiras são uma solução de base natural do tipo iii (altas intervenções humanas), segundo Motta Zanin et al. (2024). As zonas costeiras estão sujeitas a um elevado risco de erosão e inundações, devido à alta densidade populacional, que determinam uma grande exposição, e fragilidade destas áreas, o que se traduz num perigo considerável. O aquecimento global produz um aumento do nível do mar, bem como uma intensificação de eventos extremos, tanto em termos de gravidade e de frequência, o que impõe a necessidade de uma abordagem inovadora para o projeto de defesa costeira em condições climáticas instáveis. Em particular, a erosão e o risco de inundações precisam de ser mitigados por meio da combinação de medidas institucionais, ações de preparação e prevenção e intervenções estruturais. No que diz respeito às intervenções estruturais, existem três estratégias possíveis: atualizar as defesas costeiras existentes; uso de soluções baseadas na natureza no âmbito da criação de sistemas resilientes; e a integração de técnicas tradicionais e inovadoras para o design de defesas costeiras para realizar sistemas antifrágéis (Foti et al., 2020). Neste

sentido, uma boa estratégia a utilizar são as soluções baseadas na natureza, como a alimentação de praia baseada na capacidade de transporte de ventos, ondas e correntes, reconstrução da vegetação dunar, vida costeira e pelo emprego de detritos de algas e plantas como proteção costeira. A integração de técnicas tradicionais e inovadoras para a pesca costeira e projetos de estruturas de defesa também podem contribuir para a criação de sistemas resilientes.

Exemplos de conceitos para modernização de quebra-mares de entulho (Foti et al., 2020) são i) uma camada de armadura extra para aumentar a altura e a estabilidade da estrutura existente; ii) uma camada de armadura extra mais plana para limitar o impacto do movimento das ondas e aumentar a estabilidade estrutural; iii) um quebra-mar submerso adicional para limitar o impacto do movimento das ondas na estrutura existente. Desta forma, uma das soluções mais comuns para mitigar as inundações costeiras são as barreiras costeiras, que são acidentes geográficos colocados na interface terra-mar e consistem em estruturas de engenharia rígidas feitas de concreto ou sedimentos não consolidados (por exemplo, areia ou cascalho) (Ciampa et al., 2021). A tipologia morfológica da frente marítima da barreira é a secção mais significativa devido à sua capacidade de desviar a energia das ondas. Por esta razão, uma conformação de superfícies lisas reflete a energia das ondas enquanto uma superfície irregular dispersa a direção e a reflexão das ondas. Este último pode ter o poder de afastar ou conduzir a areia em direção à estrutura de mitigação (Ciampa et al., 2021).

Além de proteger contra as ondas e a subida do nível do mar, estas barreiras também protegem a costa contra a energia eólica e das marés, podendo proteger o continente do impacto das tempestades, incluindo habitats aquáticos associados à terra que são protegidos das ondas e delimitados por um lago, pântano ou outro habitat aquático (Ciampa et al., 2021). Nos últimos anos, barreiras costeiras foram desenvolvidas e implementadas integrando alguns aspetos de NBS, como por exemplo, o uso de barreiras feitas de rochas de carbonato de cálcio de recifes costeiros apoiados numa camada de blocos de areia recifal com núcleo de concreto com pH reduzido de 8,3 semelhante ao do mar (Ciampa et al., 2021).

Por exemplo em Portugal, cujo litoral se estende por mais de 987 km, as barreiras costeiras são amplamente utilizadas, com o país sendo caracterizado por terreno arenoso e submetido a processos erosivos severos e eventos de inundação, marcados por taxas de recuo costeiro que em alguns locais variam entre 6 e 8 metros, por ano (Ciampa et al., 2021). Em Portugal, as barreiras costeiras são normalmente incorporadas no planeamento urbano para proteger a população contra inundações e erosão costeira. Na Costa da Caparica, a planície costeira arenosa de baixa altitude localizada no estuário do Tejo e perto de uma das cidades costeiras portuguesas mais propensas à erosão e às inundações (Ciampa et al., 2021) fornece um exemplo interessante de como as barreiras costeiras podem integrar as NBS com tecnologias leves. Aspetos de projeto dessas barreiras incluem o posicionamento, o dimensionamento e a inclinação do número necessário de barreiras, que são baseadas num processo de hierarquia analítica, usando modelos numéricos e sistema de informação geográfica (Santos et al., 2020).

Os sistemas integrados de monitorização tecnológica construídos nestas barreiras estão equipados com um banco de dados para recolha de dados quantitativos sobre o nível da água do mar, comparando o estado da costa a cada subida anómala da maré e determinando como a erosão da barreira progride (Santos et al., 2020). Este sistema de monitorização das marés e da erosão das barreiras costeiras permite a eficiência da solução implementada, permitindo que esta seja verificada ao longo do tempo.

Tomando como exemplo, a Costa da Caparica, é possível observar que as barreiras costeiras diminuíram o recuo costeiro em 63%, reduziram a erosão em 32% e reduziram o avanço do mar em 5%, em comparação com os níveis registados anteriormente para implementação da solução (F. Cardona, 2015). Uma intervenção de proteção costeira com barreiras é capaz de salvar e proteger cerca de 10-15 m de praia contra a erosão, permitindo a recuperação de 10.000-15.000 m² de “praia nova” (Ciampa et al., 2021). No entanto, essas barreiras podem reduzir o acesso à praia para natação e atividades turísticas, e são suscetíveis a danos causados pelas marés altas (Ciampa et al., 2021). As barreiras costeiras também são estruturas rígidas e incapazes de se adaptar e responder interativamente às mudanças naturais e induzidas pelo homem.

As vantagens no uso de produtos naturais para a construção de barreiras costeiras residem na sua relação custo-eficácia. Estas alternativas protegem e melhoram ecossistemas costeiros naturais que hospedam habitats e espécies de elevado interesse cultural e valor comercial. Tal mantém a atratividade das áreas locais para os turistas e a produção a nível do mercado de peixe. Além disso, as referidas soluções têm a capacidade de absorver substâncias inorgânicas contaminantes, protegendo ao mesmo tempo espécies ameaçadas de peixes juvenis e invertebrados, quando utilizados materiais para o efeito (Ciampa et al., 2021).

Algumas soluções de mitigação de inundações costeiras baseiam-se na drenagem das ondas que atingem a costa. Estas soluções aplicam infraestruturas integradas para remover o excesso de água à medida que a média carga é estabelecida no local (Ciampa et al., 2021).

Os tipos mais comuns de infraestrutura, para sistemas de drenagem são: (i) Zonas tampão verdes, compostas por plantas nativas com sistema de filtragem da água salgada por baixo para higienizar e permitir o uso da água para a vegetação. A vegetação da zona tampão pode minimizar inundações costeiras em encostas baixas, reduzir a sua velocidade e permitir que a água flua ao infiltrar-se através de uma superfície porosa em vez de passar sobre o asfalto ou concreto (Ciampa et al., 2021); e (ii) biovales que consistem em canais tipicamente com vegetação, cobertura morta ou xeriscape projetados para atenuar inundações removendo detritos carregados pelas ondas. Estas estruturas são capazes de absorver até 30% mais água salina no solo do que um relvado convencional, e de reduzir 70% do fluxo superficial das inundações costeiras causadas pelas marés altas (Ciampa et al., 2021). Os biovales podem ser incorporadas em infraestruturas verdes e ajudar a melhorar a biodiversidade e o conforto humano. Estes também incluem um sistema de filtragem para reter alguns contaminantes e requerem uma estação de bombeamento para transportar o fluxo para reservatórios interiores para irrigação.

2.4 Soluções a Nível Europeu

À semelhança do que se verifica a nível nacional, em vários países europeus como Holanda, Bélgica, França e Reino Unido, as alterações climáticas e a consequente subida do nível médio das águas do mar, estão a provocar o recuo da linha de costa. Desta forma, torna-se crucial considerar casos de sucesso e estudar possíveis soluções que possam ser usadas para o território nacional.

Prevê-se que as alterações climáticas e as taxas aceleradas de subida do nível do mar aumentem as inundações e a erosão nas zonas costeiras (Kirby et al., 2021), com os responsáveis pela gestão costeira enfrentando o desafio de ajudar as comunidades a adaptarem-se à mudança na linha de costa. Tradicionalmente, a engenharia pesada (soluções cinzentas) tem sido usada para defender as comunidades costeiras, porém esta opção tem vindo a tornar-se insustentável e financeiramente inviável, com os gestores costeiros recorrendo cada vez mais ao planeamento de políticas para mitigar o risco proveniente das alterações costeiras. O zoneamento de áreas costeiras e a delimitação de extensões da erosão, tais como linhas de recuo, são utilizadas globalmente para restringir o desenvolvimento na zona costeira. Na Inglaterra há políticas em vigor para permitir que as autoridades restrinjam certos desenvolvimentos em áreas que se esperam que sejam afetadas pela mudança costeira. No entanto, apesar da legislação, verifica-se pouca implementação ao longo da costa (Kirby et al., 2021).

Atualmente houve uma mudança em alguns países de defesas costeiras de engenharia pesada para abordagens de engenharia mais suaves como parte de soluções baseadas na natureza, como a alimentação de praia (Kirby et al., 2021). Os governos estão atualmente a utilizar o zoneamento costeiro e políticas de planeamento restritivo como uma abordagem adicional de gestão costeira (Kirby et al., 2021).

Cada uma destas áreas é então subdividida em “células costeiras”, cada uma com as suas próprias políticas de gestão costeira recomendadas, sendo estas definidas como unidades da linha costeira dentro das quais os processos naturais são relativamente autoconfinados e onde se verificam entradas (fontes) distintas, rendimentos (transporte de sedimentos) e saídas (sumidouros ou armazenamentos) de sedimentos não coesos. Estas células provêm de acordo com dois critérios: (i) a deriva litorânea; e (ii) os sumidouros de sedimentos (Cooper & Pontee, 2006). Segundo Kirby, (2021) as políticas cobrem três períodos: curto (0–20 anos), médio (20–50 anos) e longo prazo (50–100 anos). Existem quatro políticas de gestão que podem ser atribuídas a uma célula costeira: (1) ‘Hold the Line’, que mantém ou melhora a defesa costeira ou a linha costeira existente; (2) ‘Realinhamento Gerenciado’, que envolve o realinhamento gerenciado do litoral, para trás ou para frente, para criar um litoral sustentável, reduzir a erosão ou construir defesas em direção ao solo das defesas originais; (3) ‘Advance the Line’, que permite a defesa costeira em direção ao mar de defesas existentes ou recuperação de terras; e, (4) ‘Sem intervenção ativa’, o que significa que nenhum investimento adicional será fornecido para manter as defesas ou que a costa pode evoluir naturalmente.

Uma abordagem sistemática permitiu a criação de um quadro de monitorização regional baseado no risco. É assim dada consideração a fatores como, (1) geomorfologia costeira,

(2) geologia, (3) ecologia, (4) exposição, risco de inundação e erosão, (5) tipo de defesa e (6) gestão estratégica (Nicholls et al., 2013).

2.4.1 Soluções aplicadas às Dunas a nível europeu

De Klerck e De Baets (2020), verificaram que a utilização de soluções baseadas na natureza (NBS) nas zonas costeiras resulta na melhoria da biodiversidade, na regeneração da paisagem natural, na mitigação das alterações climáticas e nos impactos ao nível do mar e na minimização dos efeitos adversos do turismo. Ao implementar laboratórios vivos costeiros “que constroem com a natureza” em diferentes países, foi criado um impulso para provar os diversos valores desta abordagem, em colaboração ativa com o público, os decisores políticos e os gestores. Neste contexto na Bélgica, com 67 km de costa, verificou-se a existência de dificuldades na coordenação de esforços políticos devido à distribuição de responsabilidades a vários níveis (costeiro, provincial, regional e nacional). Foi assim verificada a necessidade de existir uma gestão integrada das zonas costeiras, para uma melhor gestão dos recursos naturais e dos serviços de ecossistemas providenciados nestas zonas (De Klerck & De Baets, 2020). Atualmente está comprovado, que é possível de um ponto de vista económico e quando existe preocupação com os ecossistemas, o setor do turismo investir parte dos seus lucros, num modelo de turismo sustentável. No artigo os autores apresentam exemplos, que demonstraram a aplicabilidade das soluções de base natural e que se apresentam de seguida.

Uma das estratégias estudadas foi na cidade de Blankenberge, uma das dez cidades costeiras belgas, consistia num projeto-piloto que se enquadrava nas medidas do Plano Diretor Flamengo para a Segurança Costeira (aumentando o nível de segurança da área costeira para uma tempestade com período de retorno de 1.000 anos) para ampliar uma barra de dunas de pequena escala existente no interior e melhorar a qualidade ambiental e recreativa do espaço público (destruição de uma estrada e de um estacionamento degradado) e aumentando o nível de segurança. Desta forma foi criado um maciço dunar sendo possível um uso recreativo partilhado adicional (com percursos pedestres nas dunas, ciclovias, e melhor mobilidade). Assim é estimulada a “habitabilidade” de uma maior mobilidade, espaços verdes e abertos, ar limpo e sustentabilidade ambiental (De Klerck & De Baets, 2020).

Um outro exemplo realizado na cidade de Middelkerke foi o fortalecimento das defesas costeiras contra uma tempestade de 1.000 anos de retorno, protegendo a cidade do aumento do nível do mar. O objetivo deste projeto piloto foi substituir as medidas existentes (alimentação de praia e infraestruturas cinzentas) por investimentos permanentes baseados na natureza. As vantagens das NBS são demonstradas, uma vez que construir com a natureza apresenta menores custos no longo prazo, aumentando a área de dunas, fornecendo mais e diversas possibilidades de lazer à cidade, e disponibilizando uma resposta direcionada à necessidade crescente de ecoturismo. Assim, uma parte do paredão existente foi transferido para um dique relvado, com novas oportunidades turísticas (esplanadas para atividades de lazer, ligações pedestres e criação de novos habitats). A inclinação da praia foi alargada e a zona mais próxima do nível do dique marinho recebeu uma vegetação sustentável e controlável com capim-marram e outras espécies endémicas. Esta é uma solução natural dinâmica, capaz de crescer em sincronia com futuras necessidades de maior proteção

associadas à subida do nível do mar, proporcionando um estímulo à biodiversidade (De Klerck & De Baets, 2020). Foi ainda modificado um sistema de alimentação artificial de praias, com vista a evitar a passagem de areia para a linha férrea costeira, com recurso a um sistema de paliçadas, que impede o transporte aéreo de areias, permitindo a retenção das areias transportadas pelas ondas do mar.

As NBS podem ser mais dispendiosas no curto prazo, porém o retorno do investimento é verificado no médio prazo e principalmente no longo prazo (De Klerck & De Baets, 2020).

2.4.2 Soluções aplicadas às Arribas a nível europeu

Para o Reino Unido, verifica-se que cerca de 6.251 km de costa na Inglaterra e 3.327 km (53%) no País de Gales, são falésias, sujeitas a instabilidade e erosão (Moore & Davis, 2015). Embora existam cerca de 865 km de penhascos e existam medidas de proteção em vigor para reduzir os impactos das águas costeiras, da erosão e da instabilidade das falésias, é observado que uma proporção significativa, destas medidas são ineficazes em termos de prevenção, no que refere a instabilidade e recessão, ou que estão a aproximar-se do fim da sua vida útil (Moore & Davis, 2015).

Quando ocorre instabilidade terrestre na costa, os custos de ação emergencial, remediação e prevenção representam um fardo significativo para as comunidades afetadas, autoridades locais, e também para o governo. Atualmente é aceite que os impactos das alterações climáticas são reais e os efeitos do aumento do NMM, intensificação da erosão pelo mar e aumento das chuvas de inverno e a instabilidade das falésias representam sérios riscos para algumas comunidades (Moore & Davis, 2015). Por exemplo, a erosão costeira e os deslizamentos de terra são processos naturais de desgaste da costa pela ação do mar, no entanto sedimentos provenientes das falésias são transportados e depositados ao longo da costa proporcionando materiais grosseiros e clásticos essenciais para a construção de praias e estruturas de sedimentos, que por sua vez fornecem barreiras naturais à transgressão costeira. A recessão do penhasco e o recuo do perfil do penhasco em direção à terra (da base do penhasco até ao topo da falésia) aumenta a instabilidade costeira e o processo de erosão (Moore & Davis, 2015).

As comunidades afetadas pela erosão costeira e pela instabilidade das falésias têm sido objeto de estudo detalhado e de elaboração de políticas pelo governo. O Departamento de Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais (Defra) reconheceu que, por razões físicas, ambientais e económicas, não será sempre possível continuar a proteger todas as comunidades afetadas pelas alterações costeiras. Como resultado, a Defra publicou um documento intitulado de 'Adaptação às mudanças costeiras: desenvolvimento de um quadro político' em 2010 (Moore & Davis, 2015). Juntamente com esta publicação, o Departamento de Comunidades e Governo Local publicou uma Declaração de Política de Planeamento Guia prática de desenvolvimento e mudança costeira que visa garantir que as políticas de planeamento mol-dem comunidades sustentáveis que possam adaptar-se aos riscos apresentados pelas alterações climáticas. Durante o próximo século, cerca de 20.000 propriedades na Inglaterra e no

País de Gales podem ser afetadas como resultado de erosão costeira e problemas de instabilidade de falésias (Moore & Davis, 2015). Para ajudar a resolver os problemas de gestão de comunidades costeiras face às alterações climáticas costeiras, a Defra forneceu £11 milhões de financiamento em 2009, para apoiar 15 “Autoridades Desbravadoras de Mudanças Costeiras” que trabalharam com organizações locais e comunidades para testar abordagens novas e inovadoras ao planeamento e gestão das alterações costeiras (Moore & Davis, 2015).

Os resultados do programa global incluíram várias iniciativas, como por exemplo:

- Compra, demolição ou realocização de imóveis em risco;
- Compra de imóveis potencialmente em risco e arrendamento das mesmas propriedades de volta aos proprietários durante a vida restante da propriedade;
- Relocização de instalações públicas (por exemplo, parques de estacionamento, casas de banho públicas e acesso à praia);
- Remoção de defesas costeiras abandonadas e outras estruturas;
- Subsídios para o desenvolvimento empresarial e iniciativas de apoio empresarial para os residentes afetados;
- Exame das contribuições de financiamento privado para a costa, esquemas de proteção;
- Fornecimento de subsídios para ajudar os proprietários com os custos de demolição das suas propriedades, à medida que estas se tornam perigosas.

Avaliações para aprovação do financiamento no âmbito do *Coast Protection Act* de 1949, reconheceram que a recessão do penhasco se deve muitas vezes a uma combinação de muitos e diferentes processos inter-relacionados, além da erosão por ação direta das ondas (por exemplo, a meteorização das falésias e a influência das águas subterrâneas que reduzem a estabilidade das falésias), e que estas influências podem ser impossíveis de separar. Assim, muitos dos principais esquemas de proteção que receberam subsídios em financiamento de ajuda nacional desde a década de 1980, incluíram componentes de fortalecimento dos declives e drenagem, além de proteção da base da arriba contra a ação das ondas (Moore & Davis, 2015). É importante ressaltar que a concessão de auxílio não se restringe a obras físicas para proteger a costa, e que o financiamento foi concedido ao abrigo da Lei para estudos, investigações de locais e monitoramento de instabilidade e erosão em falésias para auxiliar no desenvolvimento de uma compreensão completa do problema e de forma a desenvolver estratégias de gestão eficazes das falésias.

Através da Figura 2.10, é possível observar que a criação de planos é uma ferramenta crucial, como forma de proporcionar o desenvolvimento sustentável das zonas costeiras. É possível compreender que os edifícios devem ter em conta na sua construção, medidas de adaptação para os efeitos meteorológicos e provenientes das alterações climáticas, com vista a reduzir o risco. É ainda verificado que as principais medidas adotadas para a estabilização de arribas são a construção de proteções na base da arriba e a drenagem. Verifica-se, no entanto, que mesmo que um projeto pareça ser elegível para subvenção ao abrigo da Lei, não há garantia de que o financiamento para o mesmo estará disponível. Qualquer

financiamento nacional será atribuído com base na prioridade em termos de obtenção do melhor valor para o dinheiro nas condições económicas prevalecentes na época, ao mesmo tempo em que atende aos requisitos legais (Moore & Davis, 2015).

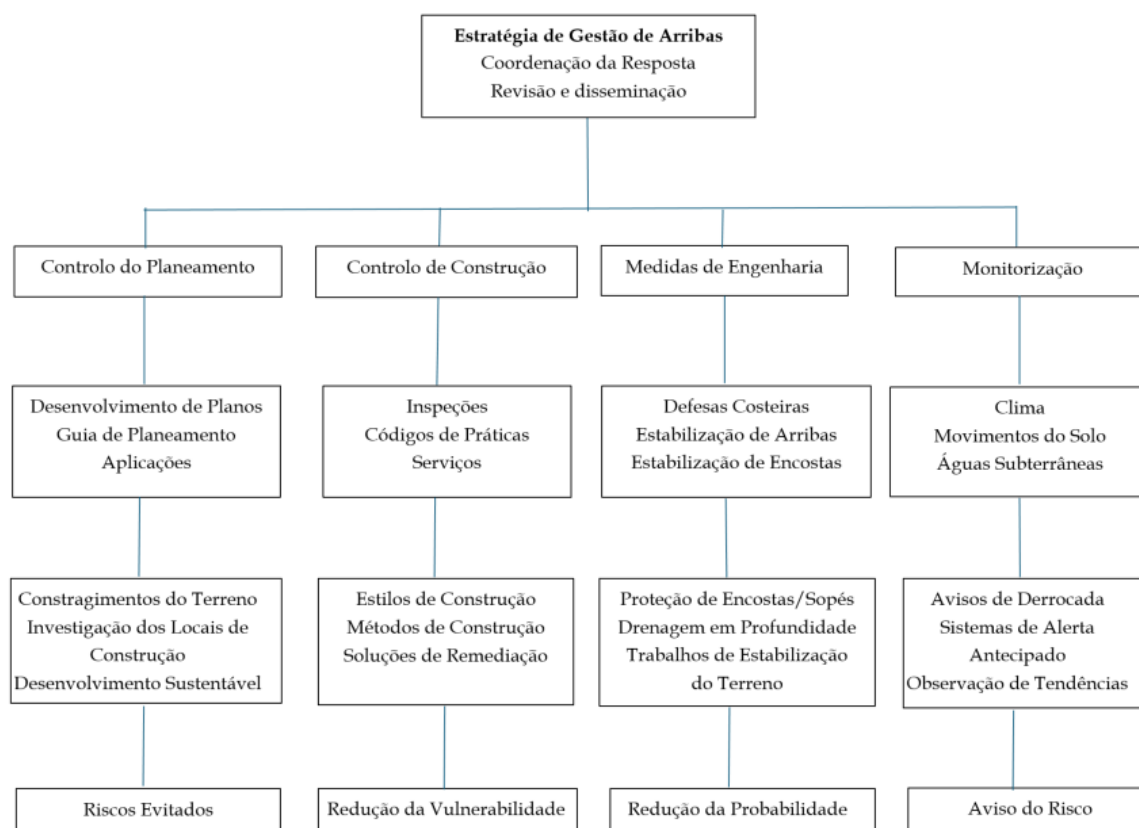


Figura 2.10 - Estratégias de Gestão de Arribas. Fonte: Moore & Davis (2015).

2.4.3 Soluções aplicadas à Proteção de Infraestruturas/Populações a nível europeu

Segundo Lepesant, (2024) verificou-se que tanto a França como a Holanda praticam estratégias de retirada, que por sua vez são maioritariamente encaradas como negativas pela população. Na Holanda, a alimentação das praias, bem como a utilização de diques e paredes, são as principais estratégias utilizadas, no entanto estas poderão exigir níveis cada vez maiores de investimentos ao longo das zonas costeiras holandesas. Fechar áreas interiores longe do mar com barragens e eclusas de navegação poderia ser uma opção de proteção contra os efeitos das alterações climáticas, mas lidar com a descarga de rios requer uma enorme rede de estações de bombeamento, bem como grandes áreas para armazenamento temporário de água proveniente de inundações. Uma abordagem diferente, consistiria em manter as atuais ligações com o mar. Nesse caso, a subida do NMM poderia ter um impacto significativo a montante ao longo dos rios, exigindo assim um extenso programa de melhoria

de diques para proteger áreas interiores de inundações e da salinização das águas superficiais (Lepessant, 2024). Para o delta holandês, uma alternativa seria parar de aumentar as defesas contra inundações ao longo do mar e aceitar inundações mais frequentes em zonas baixas (Lepessant, 2024).

Por sua vez na França, tal como nos Países Baixos, é difícil conceber uma retirada controlada devido a principalmente três fenómenos: elevadas densidades populacionais, atividades socioeconómicas (especialmente no setor turístico, mas também na logística), e uma demografia dinâmica. Na França, a densidade populacional nas zonas costeiras é 2,5 vezes superior à média nacional, com tendência ascendente projetada nos próximos anos, ou seja, um aumento de 4 milhões de pessoas até 2040 (Lepessant, 2024). Resistência à deslocalização, dúvidas quanto à urgência das alterações climáticas e o fatalismo significam que os intervenientes locais têm dificuldade em comprometer-se com mudanças que implicam perdas e que, portanto, enfrentam oposição da população local (Lepessant, 2024).

As decisões de adaptação envolvem frequentemente investimentos a longo prazo (por exemplo, defesas contra inundações, mudanças no uso da terra, a introdução de novos padrões de habitação, realocação de infraestruturas), e opções futuras devem permanecer abertas porque os impactos das alterações climáticas permanecem desconhecidos (Lepessant, 2024). Um retiro gradual é uma estratégia que implica uma mudança significativa de mentalidade, mas que se bem gerida, pode criar oportunidades (como por exemplo, a proteção da biodiversidade) e limitar os riscos de retirada forçada após eventos climáticos extremos.

2.4.4 Soluções aplicadas às Praias a nível europeu

Segundo Brand et al. (2022), um dos grandes problemas da Holanda, é a erosão costeira. Na procura pela resolução deste problema, a Holanda, utiliza uma abordagem tática que inclui soluções “suaves” quando possível e soluções “duras” apenas quando necessário. A alimentação de praias é vista como uma solução “suave” para a proteção costeira.

Este método foi utilizado globalmente nas últimas décadas (Brand et al., 2022), pois como a areia permite uma dinâmica natural, as “alimentações” são consideradas menos perturbadoras do que soluções tradicionais como diques, esporões e paredões. Além disso, a costa torna-se mais resiliente, pois os nutrientes da areia podem fornecer uma solução suficientemente substancial para a praia acomodar a dinâmica natural, bem como suportar futuras alterações climáticas e o aumento do nível do mar (Brand et al., 2022). Observou-se ainda que as primeiras alimentações artificiais de praia, na Holanda, ocorreram em 1950, como forma de preparação para tempestades.

Projetar uma alimentação artificial é um processo complexo, uma vez que cada design é único e ajustado; por exemplo à morfologia do local, ao cenário regional (como a proximidade de um porto), à taxa de erosão, solicitações das partes interessadas e considerações ecológicas (Brand et al., 2022). Em 2015, F. Cardona destaca que o Programa holandês *Building with Nature* produziu um projeto chamado “motor de areia”, que teve como finalidade responder à erosão costeira verificada ao longo do litoral holandês, a partir de um programa

de alimentação artificial de grande escala. Em oposição às alimentações artificiais tradicionais, que depositam areia em quantidades inferiores ou semelhantes às do local em análise, esta técnica holandesa consiste na colocação de elevadas quantidades de areia num local estratégico, deixando a natureza atuar através do vento, da ondulação, da gravidade, da chuva, da radiação solar e correntes que transportam e depositam a areia ao longo da costa, nomeadamente nos locais em erosão (F. Cardona, 2015). Os resultados desta técnica são o enchimento das praias de forma natural, a modificação de uma costa com tendência erosiva para tendência de acreção, sem os impactes do enchimento nos locais de deposição e a criação de espaços naturais e de lazer. Este programa demonstrou que este tipo de alimentação artificial de grandes quantidades de areia durante longos períodos é capaz de inverter a tendência erosiva da costa, se a agitação marítima não for intensa (F. Cardona, 2015).

Noutro exemplo estudado, verificou-se como resultado, do aumento de população, que novos bairros foram construídos, bem como medidas de proteção contra inundações, alguns dos quais fora da cidade. Assim, as discussões ocorreram dentro do município sobre como encontrar compromissos entre desenvolvimento e resiliência. Diante do risco de inundações, a cidade desenvolveu três linhas de defesa, com a primeira sendo a alimentação de praia. Como segunda linha de defesa, uma avenida multifuncional foi concluída em 2013 que melhorou a estética da orla e protege a cidade de inundações através de um dique de um quilómetro de comprimento que foi construído abaixo dela, com uma terceira camada de proteção que consiste numa faixa de areia fora dos limites da cidade (Brand et al., 2022). Por sua vez, na Holanda, a drenagem de ruas foi também melhorada, com Haia estando protegida dos riscos de inundação por diques. Para além da Holanda, verifica-se que na França é também amplamente utilizada a estratégia da alimentação de praias (Lepessant, 2024).

2.5 Análise de Custo-Benefício

O objetivo de uma análise custo-benefício é identificar, quantificar e ponderar os benefícios e os custos dos projetos de investimento destinados a aumentar o bem-estar da sociedade, como um todo (Canhoto, 1994). Em termos gerais, a análise custo-benefício utiliza-se na avaliação, durante a seleção de projetos para financiamento. Pode igualmente ser aplicada, depois da realização da intervenção, para avaliar o seu impacto com a sua utilização mais comum incidindo sobre questões financeiras (Reis, 2010). A análise custo-benefício é uma ferramenta muito complexa, que aborda uma perspetiva maioritariamente económica, sendo, no entanto, importante considerar também fatores ecológicos, culturais e sociais.

As origens da análise custo-benefício remontam a França (século XIX), difundindo-se mais tarde para o Reino Unido e Estados Unidos da América, sendo especialmente aplicada nos setores dos transportes e da engenharia hidráulica. O uso sistemático da análise custo-benefício foi desenvolvido por organizações internacionais, tendo vindo a desempenhar um papel importante na avaliação de projetos e constitui um requisito fundamental para o cofinanciamento comunitário, consagrado nos regulamentos da União Europeia (Reis, 2010). Este tipo de análise aplica-se sobretudo, a projetos de grande envergadura, onde é mais fácil quantificar e converter em unidades monetárias os efeitos não mercantis, com a análise

custo-benefício podendo ser aplicada na avaliação de projetos nos setores da saúde, dos transportes, do ambiente, da educação e de intervenções no património cultural (Reis, 2010).

Para iniciar uma análise custo-benefício deve começar-se por identificar, quantificar e adicionar todos os fatores positivos (os benefícios), seguindo-se a identificação, quantificação e subtração de todos os fatores negativos (os custos) que advém da realização de determinado projeto (Reis, 2010). A única medida que permite avaliar benefícios e custos na mesma unidade é a unidade monetária, sendo importante referir que a períodos diferentes há que atualizar os valores e que os preços se alteram ao longo do tempo, sendo importante utilizar-se preços referentes a um ano base (Canhoto, 1994).

A diferença entre os custos e os benefícios indica se a ação planeada é aconselhável. Pode então dizer-se que uma análise custo-benefício consiste num método para avaliar o impacto económico líquido de um projeto público, através da soma algébrica dos seus custos e benefícios, descontados ao longo do tempo (Reis, 2010), não se querendo com isto dizer que o critério de eficiência económica seja, ou deva ser a única base que fundamenta as decisões de política (Canhoto, 1994).

Numa perspetiva genérica, os passos para a aplicação de uma análise custo-benefício, resumem-se essencialmente em três partes (Reis, 2010):

- Uma componente de engenharia técnica, em que se identifica o contexto e as características técnicas do projeto;
- Uma análise financeira, que representa o ponto de partida para a análise custo-benefício e que conduz a análise do ponto de vista do investidor privado;
- Uma análise económica, núcleo central da análise custo-benefício, que partindo da análise financeira, identifica os aspetos de receita e de despesa e os preços de mercado relativos, e aplica uma série de correções que permitem passar do ponto de vista do investidor privado para o do operador público.

O passo referente à componente de engenharia técnica tem o objetivo de situar o projeto no seu contexto de implementação, sendo naturalmente necessário identificar o objeto da avaliação e a unidade de estudo onde a análise custo-benefício será aplicada (Reis, 2010). Para garantir a viabilidade do projeto de um ponto de vista técnico, realiza-se a análise técnica o que implica ter em consideração aspetos relacionados com engenharia, a gestão, a localização, o marketing e a organização (Reis, 2010).

O objetivo principal da análise financeira é calcular os indicadores de desempenho financeiro do projeto, devendo particularmente ser visada a avaliação da rentabilidade financeira do investimento e do capital próprio (nacional), determinando ainda a contribuição (máxima) apropriada dos fundos, quando financiada pela Comissão Europeia, e a verificação da sustentabilidade financeira do projeto (Reis, 2010).

A rentabilidade financeira é avaliada calculando-se o valor atual líquido financeiro e a taxa de rentabilidade financeira do investimento (Reis, 2010). A verificação da sustentabilidade financeira do projeto é avaliada verificando-se se os fluxos de tesouraria líquidos acumulados (sem desconto) são positivos durante todo o período de referência considerado, devendo ter-se em conta os custos de investimento, todos os recursos financeiros e as receitas

líquidas (Reis, 2010). A análise financeira é realizada com base no método de fluxos de caixa descontados. A análise financeira constitui o ponto de partida para a análise económica subsequente (Reis, 2010).

A fundamentação na base da avaliação económica é que as entradas no projeto devem ser avaliadas pelo seu custo de oportunidade e a produção pela disponibilidade dos consumidores para pagá-la (Reis, 2010). Note-se que o custo de oportunidade não corresponde necessariamente ao custo financeiro observado. Do mesmo modo, a disponibilidade para pagar nem sempre é corretamente revelada pelos preços de mercado observados, que podem estar distorcidos ou nem sequer existir. A análise económica é realizada do ponto de vista da sociedade (Reis, 2010). Os fluxos de tesouraria da análise financeira são tomados como ponto de partida da análise económica.

Uma vez calculada a série de custos e benefícios económicos, aplica-se a metodologia padrão dos fluxos de caixa descontados, mas deve ser utilizada uma taxa de desconto social, podendo ser determinados os seguintes indicadores de desempenho económico (Reis, 2010):

- Valor atual líquido económico (VALE): deve ser maior que zero, para que o projeto seja desejável de um ponto de vista económico.
- Taxa de rentabilidade económica (TRE): deve ser maior que a taxa de desconto social.
- Rácio benefício/custo (B/C): deve ser maior que 1.

A taxa de rentabilidade económica e o rácio benefício/custo transmitem informação interessante, porque são independentes da dimensão do projeto (Reis, 2010). No entanto, o cálculo destes indicadores pode apresentar alguns problemas, uma vez que a taxa interna de rentabilidade pode, em casos particulares, ser múltipla ou não definida. No que se refere ao rácio benefício/custo, o seu valor pode, por exemplo, depender de um item ser considerado como um benefício, ou como uma redução de custos. O valor atual líquido económico é mais fiável e deve ser usado como principal indicador de referência para a avaliação de projetos (Reis, 2010).

Nem todos os impactos socioeconómicos podem sempre ser quantificados e avaliados. Esta é a razão pela qual, para além da estimativa de indicadores de desempenho, devem ser levados em conta os custos e os benefícios não monetários, particularmente no que se refere às questões seguintes: impacto (líquido) no emprego, na proteção do ambiente, na igualdade de direitos sociais e na igualdade de oportunidades (Reis, 2010).

As análises custo-benefício têm alguns pontos fortes em comparação com outras técnicas de avaliação tradicional, pois permitem expressar um juízo sobre a conveniência económico-social de um projeto, permitindo estabelecer um “ranking” entre diferentes projetos e incentivando a prática de identificar custos e benefícios económicos, mesmo que estes não sejam imediatamente convertíveis em unidades monetárias. No entanto, a principal vantagem deste método consiste no facto dos efeitos externos e das distorções nos preços observados serem igualmente considerados, sendo desta forma tidas em conta as imperfeições do mercado (Reis, 2010).

As análises custo-benefício têm também limitações. Uma destas limitações é o facto de esta abordagem não ter em linha de conta os efeitos redistributivos (podendo utilizar-se a

análise multicritério para estes efeitos), assim como não tem também em linha de conta os efeitos do retorno económico de custos ou benefícios não transformáveis em unidades monetárias e fazendo por vezes ainda uso de critérios discricionários para quantificar custos e benefícios para os quais não existe um mercado (Reis, 2010). A estimativa dos impactos potenciais de um projeto enfrenta sempre uma incerteza, que deve ser devidamente tida em conta e abordada na análise custo-benefício. Por todas estas razões, a análise custo-benefício é uma ferramenta útil na avaliação e seleção de projetos, mas requer rigor e coerência metodológica na sua aplicação (Reis, 2010).

Torna-se necessário avaliar e perceber os fenómenos envolvidos e fazer projeções. A simulação da evolução da linha de costa, adotando cenários com ou sem intervenções de defesa costeira, possibilitará uma avaliação da sua eficácia em termos de impactos positivos e negativos. Quando o custo de manutenção de medidas corretivas for superior ao valor do património a proteger, há que pôr em causa essas intervenções (Reis, 2010).

A eventual perda de território desabitado e sem qualquer valor ecológico, cultural ou patrimonial pode ser provavelmente aceite pela generalidade das pessoas, mas mesmo assim, essa situação representa uma perda, ou seja, um custo. Quando se consideram vidas humanas, valores patrimoniais e económicos, valores ecológicos e ambientais ou valores culturais, as potenciais perdas aumentam (Reis, 2010).

Há necessidade de quantificar as consequências/custos de erosões, inundações e galgamentos, em termos de perdas de vidas, perda de território ou em termos de danos (nos equipamentos, infraestruturas e/ou edifícios). A avaliação dos riscos exige uma discussão da aceitabilidade socioeconómica dos graus de risco e um balanço custo-benefício das intervenções de defesa ou do seu reforço (Reis, 2010).

Assim, poderá considerar-se que a construção de obras de intervenção é um benefício pois irá proteger bens ou locais, mas a sua realização acarreta também um custo. Torna-se importante refletir sobre o papel de cada uma das opções a tomar, para poder encontrar a diferença entre os custos e os benefícios que indique qual a ação mais sensata (Canhoto, 1994).

Após serem conhecidos os desafios que o Litoral Continental Português enfrenta e as características da região costeira de Torres Vedras, importa estabelecer uma estratégia que permita a correta avaliação das necessidades do litoral, como forma de escolher a melhor opção ambiental, através dos benefícios pretendidos e tendo em conta o custo de aplicação desta operação. Desta forma, para apoiar a tomada de decisão sobre a seleção das melhores estratégias de adaptação das zonas costeiras, é importante realizar uma comparação, utilizando análises de custos, benefícios e eficiências de cada alternativa, bem como a viabilidade económica de cada uma delas (F. S. Cardona et al., 2020).

Adicionalmente, é aconselhável analisar estratégias de adaptação e os seus custos para minimizar perdas financeiras, os custos evitados por uma estratégia de adaptação superam os custos de implementação, então a estratégia de adaptação é admissível (F. S. Cardona et al., 2020). Se a comparação for feita para diversas alternativas de adaptação, então a alternativa que oferece mais benefícios deve ser a selecionada. Embora a avaliação económica destas estratégias seja a melhor forma de apoiar a tomada de decisão, a verdade é que a avaliação

de benefícios e custos pode ser uma tarefa muito difícil, especialmente quando elementos ambientais são considerados, porque esses serviços geralmente não são quantificados em valor de mercado (F. S. Cardona et al., 2020).

Verifica-se que a Análise Custo-Benefício, integra também custos e benefícios não quantitativos que devem ser avaliados qualitativamente, através de fatores ambientais, sociais e económicos, de forma a obter os resultados mais confiáveis (F. S. Cardona et al., 2020). Este tipo de análises está dependente de pressões naturais e antrópicas. Por um lado, as pressões naturais, agravadas pelas alterações climáticas, e as antrópicas pela ocupação indevida do litoral por parte das populações, seja para fins turísticos ou habitacionais.

Após a análise de custos, que pretende compreender os custos de aplicação para cada cenário proposto, foram calculados os benefícios dos ecossistemas em questão, para o seu estado atual, de forma a justificar a necessidade de intervenção nos mesmos. Existem várias formas de calcular os benefícios, com uma sendo através do método do custo de viagem. A premissa básica do método do custo de viagem é que o tempo e as despesas de viagem a que os visitantes ficam sujeitos para visitar o local representam o custo para o seu acesso (Ecosystem Valuation, 2024).

Assim a disposição das pessoas a pagar para visitar o local pode ser estimada com base no número de viagens que fazem para o local e com base nos diferentes custos da viagem. Isto é análogo a estimar a disposição das pessoas em pagar por um bem comercializado com base na procura, a preços diferentes (Ecosystem Valuation, 2024), com o método do custo de viagem sendo utilizado para estimar os valores de uso económico associados a ecossistemas ou locais utilizados para recreação.

O método do custo de viagem pode ser utilizado para estimar os benefícios ou custos económicos resultantes (Ecosystem Valuation, 2024) de:

- Mudanças nos custos de acesso para um local recreativo;
- Eliminação de um local recreativo existente;
- Adição de um novo local recreativo;
- Mudanças na qualidade ambiental num local recreativo.

Existem várias formas de utilizar o método do custo de viagem, utilizando as suas variações (Ecosystem Valuation, 2024), estas incluem:

- Uma abordagem simples dos custos de viagem zonais, utilizando principalmente dados secundários, com alguns dados simples recolhidos dos visitantes;
- Uma abordagem individual dos custos de viagem, utilizando um inquérito mais detalhado aos visitantes;
- Uma abordagem de utilidade aleatória que utiliza pesquisas e outros dados, além de técnicas estatísticas mais complexas.

De acordo com dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), a população residente no Município aumentou 4,5% entre 2011 e 2021, apresentando o concelho de Torres Vedras 83.075 habitantes. O concelho de Torres Vedras tem uma densidade populacional (204 habitantes/km², 2021) superior à densidade populacional média do País (111 habitantes/km², 2021) (Alves et al., 2024). O município é subdividido em 13 freguesias, visíveis na Figura 3.2 (Bombeiros Voluntários de Torres Vedras, 2024) sendo estas: A dos Cunhados e Maceira; Campelos e Outeiro da Cabeça; Carvoeira e Carmões; Dois Portos e Runa; Freiria; Maxial e Monte Redondo; Ponte do Rol; Ramalhal; Santa Maria, São Pedro e Matacães; São Pedro da Cadeira; Silveira; Turcifal; e Ventosa.



Figura 3.2 - Disposição das Freguesias de Torres Vedras. Fonte: Bombeiros Voluntários de Torres Vedras (2024).

A poucos quilómetros de Lisboa, Torres Vedras apresenta terras ricas em policultura (contando com o cultivo de feijão, batata e vinha), sendo inclusive o concelho com maior produção de vinho a nível nacional. Verifica-se também a importância da produção da maçã e da pera (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). A atividade agrícola, a indústria agroalimentar, metalúrgica, e o comércio a retalho assumem um papel preponderante (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006) A região conta com 2 rios principais sendo estes os rios Sizandro e Alcabrichel.

O litoral da região de Torres Vedras apresenta um perfil costeiro variado entre extensas dunas, praias de rocha e arribas, estendendo-se por 22 praias, num total de 19 km, com características particulares, de elevada beleza natural (M. Duarte, 2016). Esta alternância evidencia claramente a elevada biodiversidade de comunidades de organismos marinhos e de toda a fauna e flora terrestre associada à orla costeira. Segundo a Câmara Municipal de Torres Vedras, ao longo da faixa costeira do concelho podemos encontrar linhas de costa de diversos tipos (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019a):

- Retilíneas arenosas precedidas por arribas, nas quais se incluem todo o conjunto das praias de Santa Cruz, designadamente desde a Praia da Mexilhoeira, a norte, até à Praia de Santa Cruz, a sul;
- Arenosas configuradas por baía (Praias de Porto Novo, Santa Rita e Praia Azul);
- Rochosas e arenosas precedidas por arribas (Praias do Seixo, Guincho, Formosa, parte norte da Praia Azul, Cambelas e Assenta);
- Totalmente rochosas (incluindo seixo rolado), com troços recortados por pequenas baías (Praia das Amoeiras até à Praia Azul Norte, Foz do Sizandro até Cambelas e desta até à Assenta);
- Praias associadas a dois sistemas dunares, que estão assentes em plataforma litoral em rampa, localizados em desembocaduras de rios ou sistemas de ribeiras e associados a dois largos vales, que permitem a progressão das dunas para o interior (Praias de Santa Rita e Azul).

A costa do concelho de Torres Vedras é abrangida pelo Programa da Orla Costeira de Alcobaça-Cabo Espichel (POC-ACE) aprovado em Conselho de Ministros a 14 de março de 2019 (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019a). Adicionalmente, verifica-se que as praias se distribuem por 3 freguesias: S. Pedro da Cadeira, A dos Cunhados e Maceira, e Silveira (Lopes, 2014).

3.1.2 Clima

O clima da Região Oeste, especialmente influenciado pelo Atlântico, é caracterizado por verões frescos e invernos amenos. Especificamente, as temperaturas mínimas são suaves durante os meses mais frios, verificando-se uma quase ausência de geadas na faixa litoral. Esta área possui verões frescos e ventosos com alta frequência de nevoeiros, alta humidade do ar durante todo o ano, especialmente no verão, e baixas amplitudes térmicas diárias e anuais (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Comparando com outras regiões da Europa, o clima do Oeste é intermediário entre os verões frescos da Europa Ocidental e os invernos amenos da Europa do Sul. O inverno no Oeste tem temperaturas mínimas similares às do Algarve e da bacia mediterrânica, mas é mais húmido e possui menor radiação global. O verão é mais fresco, permitindo um ciclo cultural prolongado para as culturas de primavera e antecipando a plantação das culturas de outono (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Torres Vedras, localizada na região Oeste, possui um clima mediterrâneo do tipo Csb (verão seco e suave) segundo a classificação de Köppen-Geiger (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). Os modelos climáticos permitem simular a resposta do sistema climático a

diferentes alterações naturais e/ou antropogénicas, possibilitando assim elaborar projeções do clima futuro para diferentes escalas temporais e espaciais (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016). As projeções climáticas apresentadas nesta estratégia foram elaboradas com base em dois modelos regionalizados para a Europa pelo projeto CORDEX5 a partir de dois modelos globais:

- Modelo 1: SMHI-RCA4 (regional), a partir do MOHC-HadGEM2 (global);
- Modelo 2: KNMI-RACMO22E (regional), a partir do ICHEC-EC-EARTH (global).

A elaboração de projeções climáticas pressupõe a utilização de cenários de emissões de GEE como dados de entrada (inputs) nos modelos climáticos, designados por *Representative Concentration Pathways* (RCPs) (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016). Estes cenários representam possíveis evoluções socioeconómicas e respetivas emissões de GEE. A partir de uma concentração atual de CO₂ que ronda as 400 ppm (partes por milhão) dois RCPs foram utilizados nesta estratégia:

- RCP4.5: uma trajetória de aumento da concentração de CO₂ atmosférico até 520 ppm em 2070, aumentando de forma mais lenta até ao final do século;
- RCP8.5: uma trajetória de crescimento semelhante ao RCP4.5 até meio do século, seguida de um aumento rápido e acentuado, atingindo uma concentração de CO₂ de 950 ppm no final do século.

Para este estudo serão utilizadas fontes, como o Plano Diretor Municipal de Torres Vedras (PDM), a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Torres Vedras e o Plano Municipal de Ação Climáticas de Torres Vedras.

3.1.2.1 Temperatura do Ar

A temperatura média anual do concelho ronda os 15° C e não se verificam grandes oscilações de local para local, embora a influência amenizada do Atlântico se faça sentir comparando as oscilações anuais de temperatura, maiores no interior (12,9° C) na Ota (Alenquer) e menores na orla costeira (8,4° C) no Vimeiro (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Segundo os cenários e modelos utilizados que projetam um aumento da temperatura média anual até ao final do século, no município de Torres Vedras, é possível detetar um aumento de 1,3 e 2,5°C para o meio do século (2041-2070) e entre 1,3 e 4,0°C para o final do século (2071-2100), em relação ao período histórico modelado (1976-2005) (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016).

No que diz respeito às médias mensais da temperatura máxima, ambos os cenários e os modelos projetam aumentos para todos os meses, até ao final do século (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016). No entanto, estas projeções apresentam diferentes amplitudes e variações sazonais, com o modelo 1 a projetar anomalias mais pronunciadas, para ambos os cenários. As anomalias mais elevadas são projetadas para o outono. Por exemplo, relativamente às projeções para o mês de outubro, as anomalias podem variar entre aumentos de 1,8-4,0°C (meio do século) e 1,6-6,5°C (final do século). As projeções da média sazonal da

temperatura mínima apontam também para aumentos, com as maiores anomalias a serem projetadas para o outono (até 5°C) (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016).

Relativamente aos fenómenos térmicos extremos, verificou-se para o período 1971-2000, uma duração média das ondas de calor mais longas, com duração superior à correspondente duração média das ondas de frio longas. Tanto em relação às ondas de frio como às ondas de calor, verificou-se uma duração máxima maior nas Serras, diminuindo sucessivamente esse número de dias para as Unidades de resposta climática homogénea (URCH) de posição mais próxima do oceano. No caso das ondas de calor, a duração máxima variou entre 12,9 dias (Serras) e 11,4 dias (Vales e Depressões Litorais), enquanto relativamente às ondas de frio essa duração variou entre 8,6 dias (Serras) e 8,1 (Vales e Depressões Litorais) (Alves et al., 2024).

3.1.2.2 Precipitação

A maior ou menor proximidade do oceano e a altitude são fatores que explicam as diferenças dos valores médios anuais de precipitação, que variam desde os 600 mm até aos 1000 mm nas faldas da Serra dos Candeeiros (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). Verifica-se que da quantidade total de precipitação, 72%-78% se distribui pelo semestre húmido, oposto a 22%-28% no semestre seco, concluindo-se assim que se distinguem dois semestres distintos: um semestre húmido que decorre de outubro a março, e um semestre seco de abril a setembro (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). É ainda de referir, as chamadas precipitações invisíveis provenientes de nevoeiros, orvalhadas e neblinas, frequentes na região e que se traduzem por um acréscimo de água disponível para as plantas (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Segundo a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Torres Vedras (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016), no que diz respeito à variável precipitação, ambos os cenários e modelos projetam uma diminuição da precipitação média anual no município de Torres Vedras, até ao final do século. Consoante o cenário e modelo escolhido, as projeções apontam para uma redução que pode variar de 4%-54%, relativamente aos valores observados no período 1976-2005, durante o qual foi registada uma precipitação média anual de 706 mm no município. Relativamente às anomalias projetadas até ao final do século relativamente às médias sazonais da precipitação, são esperadas reduções na primavera (com variações entre 9% a 68%), no verão (12% a 89%) e outono (5% a 51%). Em relação ao inverno, as projeções não apresentam um sinal inequívoco, com as anomalias para o final do século a variarem entre uma diminuição até 44% e um aumento de 7%.

Segundo o Plano Municipal de Ações Climáticas de Torres Vedras (Alves et al., 2024), a URCH “Serra” é a unidade mais chuvosa com cerca de 1000 mm de precipitação média anual, em contraste com as Colinas ou com as Depressões e Vales Litorais, com valores entre os 750 e 800 mm. As áreas menos chuvosas são as de posição costeira e menor altitude (Planícies litorais e península de Peniche), onde a precipitação média anual pouco excede os 600 mm. Na Serra de Montejunto, é provável que a precipitação média anual ronde os 1000 mm,

enquanto na de Candeeiros deverá exceder os 1300 mm, traduzindo, portanto, a forte influência orográfica na distribuição espacial deste elemento climático.

No que diz respeito ao número de dias com precipitação (Alves et al., 2024), por ano, em média, registam-se 112 dias nas Serras, que superam o valor médio nos Vales e Depressões Interiores (100 dias) e o das restantes URCH (99 e 98 dias). Os dias de precipitação abundante (≥ 10 mm), e muito abundante (≥ 20 mm) são também mais frequentes nas Serras, traduzindo a importância da influência orográfica na sua variação espacial. Por ano registam-se, em média, 33 dias de precipitação abundante nas Serras (com apenas 24 nos Vales e Depressões Litorais) e 11,5 dias de chuva muito abundante (com apenas 7 dias nos Vales e Depressões Litorais).

No período 1971-2000 foram identificados seis eventos de seca que afetaram o Oeste, sendo que quatro deles se revelaram de secas com grau de severidade moderado, registando-se apenas dois eventos de seca severa generalizada (em 1953 e em 1981). Não se registou qualquer seca extrema neste período (Alves et al., 2024).

3.1.2.3 Vento

Relativamente aos ventos, verifica-se que a tendência é que estes provenham de norte e noroeste. No entanto na transição das estações, os ventos chegam a soprar em rajada forte, muitas vezes de Sudoeste (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Segundo a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Torres Vedras (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2016), considerando ambos os modelos e cenários futuros, as projeções da média anual da velocidade máxima (diária) do vento apontam para uma diminuição entre 0,2 e 0,5 km/h até ao final do século. No entanto, esta tendência deve ser encarada com prudência, uma vez que existe uma grande incerteza relativa à modelação climática do vento, e porque não foi possível validarem-se os resultados a partir de dados observados devido à sua indisponibilidade em tempo útil. Portanto, a diminuição da média anual da velocidade máxima do vento (diária) não deve ser admitida de forma inequívoca, mas considerar-se que esta variável pode manter-se constante até ao final do século. Relativamente às médias sazonais dos valores máximos (diários) da velocidade do vento projetam-se diminuições no outono e inverno (até 10% e 9%, respetivamente) e variações demasiado pequenas na primavera (variações de sinal contrário entre -1% e 6%) e verão (entre -1% e 1%), o que não permite concluir uma tendência clara para esta variável.

3.1.3 Biodiversidade

A Flora de Torres Vedras é caracterizada por estruturas vegetais com cercais e mata-gais, mosaico agrícola e florestal, estruturas ripícolas em diversos estados de equilíbrio ao longo das linhas de água, onde espécies como orquídeas ocorrem com frequência, das quais se destacam, segundo a Câmara Municipal de Torres Vedras (2024), algumas espécies com estatuto de proteção legal, como: *Arabis sadina* (protegida pelos Anexos II e IV da Diretiva

Habitats), *Iberis procumbens* (protegida pelos Anexos II e IV da Diretiva Habitats), *Iris pseudacorus* (Lírio-amarelo), *Cytisus striatus* (Maíolos-do-campo), *Juncus L.* (Junco), *Narcissus L.* (Narciso), *Narcissus bulbocodium* (Campainhas-amarelas) (protegida pelo Anexo V da Diretiva Habitats), *Salix alba* (Salgueiro-branco), *Salix salviifolia* (Borrazeira-branca) (protegida pelo Anexo II da Diretiva Habitats), *Silene longicilia* (protegida pelos Anexos II e IV da Diretiva Habitats), *Ruscus aculeatus* (Gilbardeira, Azevinho-menor, Erva-dos-vasculhos), *Clinopodium nepeta*, antigamente chamada de *Calamintha nepeta* (sinonímia) (Erva-azeitona), *Thymus villosus* (Tomilho-peludo) (protegida pelo Anexo IV da Diretiva Habitats), *Ulex densus* (Tojo-da-chouveca, Tojo-gatunho) (protegida pelo Anexo V da Diretiva Habitats).

É ainda possível encontrar, em Torres Vedras, plantas com elevado valor patrimonial, tais como: *Quercus rivasmartinezii* (Carrasco-da-arrábida, Carrasco-arbóreo), *Quercus coccifera* (Carrasqueira), *Arabis lusitanica boiss*, *Paeonia broteroi* (Rosa-albardeira), *Orchidaceae* (Orquídea), *Antirrhinum majus* (Bocas-de-lobo, Erva-bezerra, Papões), *Ulex airensis* (Tojo), *Carthamus tinctorius* (Falso-açafrão), *Origanum vulgare* (Orégão-maior), *Avena* (Aveia), *Thymus vulgaris* (Tomilho) e *Prunus spinosa* (Abrunheiro, Ameixeira-brava).

Segundo M. Duarte (2016), a flora e fauna existentes na Paisagem do Litoral Oeste de Portugal são muito abrangentes na sua diversidade. Ao estudar a vegetação das arribas, referiu ser necessário proteger, manter e restaurar a vegetação, pois esta necessita de resistir a condições extremas (como os ventos fortes e carregados de sal vindos do Atlântico, que vulgarmente se designa por salsugem). Estas plantas são classificadas como plantas rupícolas que se ajustam facilmente a este tipo de ambiente, mas que quando perturbadas podem acabar por desaparecer deixando apenas a rocha e os respetivos sedimentos à vista.

Desprovida de vegetação, a arriba acaba por perder uma parte da sua componente ecológica e, consequentemente, o seu valor paisagístico. Semelhante à das dunas, a vegetação na arriba apresenta também uma forma pulveriforme como *Ulex jussiae subsp. congestus* (Tojo-durázio), *Ulex europaeus* (Tojo); rente ao solo como *Juniperus turbinata*; folhas pequenas como *Frankenia laevis*; bastante recortadas como *Crithmum maritimum* (perrexil-do-mar, funcho-do-mar); suculentas na maioria (*Crithmum maritimum*) e com pelos brancos ou glandulosos *Helianthemum apeninum* (rosa-das-rochas). Também é bastante frequente emitirem apenas um escapo florífero num curto período durante o ano, o *Limonium spp.* (Estatice-dos-jardins) e *Armeria spp.*, sendo a última também conhecida por estancadeira, relva-de-espanha ou relva-do-olimpico.) (M. Duarte, 2016).

Ainda nas rochas calcárias, que vão desde Lisboa até ao Cabo Carvoeiro, podem-se encontrar vários *Limonium* (estatices-dos-jardins), *Armeria welwistchii subsp. cinérea* (erva-divina), *Plantago coronopus subsp. occidentalis* (Corno-de-veado), *Helichrysum decumbens* (helicriso), *Spergularia australis*, *Calendula suffruticosa subsp. algarbiensis*, entre outros (M. Duarte, 2016).

Muitas das espécies, como os arbustos halonitrófilos, precisam dos dejetos de aves para que se desenvolvam com o azoto extraído dos mesmos, de forma que é necessário incluir também a importância de todo o ciclo biológico e interações flora-fauna (M. Duarte, 2016). Foram ainda observadas espécies como: *Lotus creticus* (Cornichão-das-areias, Trevo-de-

Creta); *Ammophila arenaria* (estorno); *Corema album* (camarinha, camarinheira); *Cistus salvifolius* (estevinha); *Stauracanthus genistoides* (tojo-bonito, tojo-chamusco ou tojo-manso); *Helichrysum decumbens* (helicriso); *Carlina hispanica*; *Anagallis arvenses* (erva-do-garrotilho); *Vicia angustifolia* (ervilhaca-miúda); *Silene litorea*; *Centaurea sphaerocephala*; *Juncus acutus* (junco-agudo); *Juniperus turbinata* (sabina-da-praia, zimbreiro); *Pinus pinea* (pinheiro-manso); *Cotula coronopifolia* (exótica); *Carpobrotus edulis* (exótica infestante – chorão-das-prais), *Elymus farctus* (Fenos-das-Areias), *Eryngium maritimum* (Cardo Marítimo), *Pancratium maritimum* (Narciso-das-Areias), *Artemisia campestris* marítima (Madorneira), *Juniperus phoenicea* (Sabina-das-Praias).

A preservação das espécies nativas da arriba em estudo é fundamental para que esta não perca futuramente as suas componentes ecológicas nem o seu valor paisagístico. Porém, não são apenas as espécies da flora nativa apresentadas na arriba que se devem conservar, podendo-se encontrar também outros organismos igualmente interessantes e importantes para o equilíbrio do ecossistema em estudo (M. Duarte, 2016).

Ao estudar a fauna da região e segundo a Câmara Municipal de Torres Vedras (2024) na PPLSSA (Paisagem Protegida Local das Serras do Socorro e Archeira), podem observar-se várias espécies de aves existentes no concelho como o *Turdus merula* (melro), *Linaria canabina* (pintarroxo), *Carduelis carduelis* (pintassilgo), *Chloris chloris* ou *Carduelis chloris* (verdi-lhão), *Luscinia megarhynchos* (rouxinol), *Delichon urbicum* (andorinha-dos-beirais/andorinha-das-chaminés), *Erithacus rubecula* (pisco-de-peito-ruivo), *Estrilda astrild* (bico-de-lacre), *Garrulus glandarius* (gaio), *Larinae* (gaivota), *Emberiza calandra* (trigueirão), *Passer domesticus* (pardal), *Phoenicurus ochruros* (rabirruivo-preto), *Saxicola rubicola* (cartaxo), *Serinus serinus* (chamariz), *Streptopelia turtur* (rola), *Sturnus vulgaris* (estorninho), *Sylvia melanocephala* (toutine-gra-de-cabeça-preta) e *Upupa epops* (poupa). No entanto podem também encontrar-se espécies distintas das anteriores como o *Athene noctua* (mocho galego), *Buteo buteo* (águia de asa redonda), *Cisticola juncidis* (fuinha dos juncos), *Corvus corone corone* (gralha preta), *Falco tinnunculus* (peneireiro-vulgar), *Fulica atra* (galeirão-comum), *Lanius meridionalis* (picanço real), *Lullula arborea* (cotovia dos bosques), *Motacilla alba* (alvéola comum), *Parus caeruleus* (chapim azul) e a *Phylloscopus collybita* (felosa-musical).

Relativamente aos mamíferos, encontram-se indícios das seguintes espécies: *Erinaceus europaeus* (ouriço), *Genetta genetta* (geneta), *Martes foina* (fuinha), *Meles meles* (texugo), *Talpa occidentalis* (toupeira), *Vulpes vulpes* (raposa) e algumas colónias de *Oryctolagus cuniculus* (coelho-bravo), que tem estatuto de Quase Ameaçado (NT), constando na Lista Vermelha da UICN (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2024).

Na PPLSSA também se identificam espécies de borboletas, pertencentes a sete famílias (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2024), tais como: *Sphingidae*, *Arctiidae*, *Hesperiidae*, *Papilionidae*, *Pieridae*, *Lycaenidae*, *Nymphalidae*. A maioria são borboletas diurnas (*Lepidoptera*, *Rhopalocera*) com destaque para *Papilio machaon*, *Iphiclides feisthamelli*, *Zerynthia rumina*, *Thymelicus sylvestris*, *Pieris brassicae*, *Pieris rapae* e *Colias croceus*.

Para compreender a biodiversidade deste território, é ainda necessário analisar algumas aves que habitam nas praias e pinhais em redor. Estas constituem uma presença importante pois os seus dejetos, ricos em azoto, originam um ambiente favorável no solo para o surgimento e manutenção da flora na arriba.

Algumas aves adicionais avistadas na área em estudo e na sua envolvente são ainda *Motacilla alba* (Alvéola-branca); *Parus major* (Chapim real); *Phalacrocorax carbo* (Corvo-marinho-de-faces-brancas); *Emberiza cirrus* (Escrevedeira-de-garganta-preta); *Larus michahellis* (Gaivota-de-patas-amarelas); *Calidris alba* (Pilrito-das-praias); e *Arenaria interpres* (Rola-do-mar) (M. Duarte, 2016).

São assim vários os organismos que coexistem num determinado ecossistema, sendo relevantes para a identidade paisagística e para uma maior diversidade em habitats na paisagem.

Existem igualmente algas verdes Clorofíceas (*Enteromorpha spp.*), vulgarmente chamadas clorófitas que são, como o nome indica, de cor verde, brilhante, em forma de fita e são colonizadoras das rochas nuas. É ainda habitual encontrar-se prados de algas, como *Codium tomentosum* (chorão-do-mar), uma alga de cor verde-escuro com uma textura semelhante a veludo; *Bifurcaria bifurcata*, de cor amarela e ainda *Corallina elongata* (alga-coral), uma alga cor de rosa ramificada que se insere nas poças médiolitorais (M. Duarte, 2016).

É ainda de mencionar a presença de grande parte do litoral de Torres Vedras na Rede Natura 2000, denotando assim a sua relevância, mas também a sua fragilidade. Estas áreas são delimitadas com vista a proteger e salvaguardar a biodiversidade. A Rede Natura 2000, que é uma rede ecológica para o espaço comunitário resultante da aplicação das Directivas nº 79/409/CEE (Directiva Aves) e nº 92/43/CEE (Directiva Habitats), que determinam a conservação e diversidade de habitats naturais e de espécies da fauna e da flora selvagens da União Europeia (Lopes, 2014). Esta rede é formada por:

- Zonas de Proteção Especial (ZPE) estabelecidas ao abrigo da Directiva Aves, é uma área de importância comunitária no território nacional em que são aplicadas as medidas necessárias para a manutenção ou restabelecimento do estado de conservação das populações das espécies de aves selvagens inscritas no anexo I e dos seus habitats, e das espécies de aves migratórias não referidas no anexo I e cuja ocorrência seja regular;

- Zonas Especiais de Conservação (ZEC) – um sítio de importância comunitária no território nacional em que são aplicadas as medidas necessárias para a manutenção ou o restabelecimento do estado de conservação favorável dos habitats naturais ou das populações das espécies para as quais o sítio é designado.

A Lista Nacional de Sítios foi aprovada pelas Resoluções do Conselho de Ministros nº 142/97, de 5 de junho (1ª Fase) e nº 76/00, de 5 de Julho (2ª Fase), e integra 60 sítios distribuídos por todo o território nacional. No concelho de Torres Vedras, existem duas áreas que constam na Lista Nacional de Sítios (Lopes, 2014), dois sítios de importância comunitária, designadamente o de Sintra-Cascais (PTCON0008) e Peniche-Santa Cruz (PTCON0056).

1. Sítio Peniche/Santa Cruz

O Sítio Peniche/Santa Cruz possui uma área de 8438 ha (2805 ha de área terrestre e 5633 ha de área marinha) e insere-se na região biogeográfica mediterrânica. O Sítio em análise termina no concelho de Torres Vedras, mais propriamente na freguesia de Silveira (Figura 3.3), mas na mesma freguesia começa o Sítio Sintra/Cascais descrito em seguida. Para este Sítio, verifica-se uma presença de 705 ha no concelho de Torres Vedras (Lopes, 2014).



Figura 3.3 - Rede Natura no Concelho de Torres Vedras, Sítio Peniche/Santa Cruz. Fonte: Lopes (2014).

Este Sítio abrange uma ampla faixa costeira, que se caracteriza pela alternância entre sistemas dunares e falésias. Ambos os tipos de substrato apresentam comunidades vegetais bem estruturadas, em bom estado de conservação e com elencos florísticos relevantes, contendo diversos elementos que atingem no Sítio o limite setentrional das suas áreas de ocorrência (Lopes, 2014).

No que respeita à área do Sítio pertencente a Torres Vedras, a norte, junto ao litoral, verifica-se uma ocupação por dunas litorais com *Juniperus spp.* e matos halófilos mediterrânicos e termoatlânticos. Ainda a norte, mas na área mais interior, surgem matos termomediterrânicos pré-desérticos, prados secos semi-naturais e fácies arbustivas em substrato calcário. A sul do Sítio há um mosaico de habitats composto por dunas com vegetação esclerofila da associação Cisto-lavanduletalia e dunas com florestas de *Pinus pinea* ou *Pinus pinaster subsp. atlantica*. (Lopes, 2014).

2. Sítio Sintra/Cascais

Torres Vedras possui também 1% do território concelhio incluído no Sítio (impropriamente designado) Sintra/Cascais. O Sítio Sintra/Cascais (RCM n.º142/97 de 28 de agosto) possui uma área de 16632 ha (8110 ha de área terrestre e 8522 ha de área marinha) e insere-se na região biogeográfica mediterrânica (Figura 3.4). Este Sítio engloba parte das freguesias de S. Pedro da Cadeira e Silveira verificando-se que este Sítio abrange 388 ha (Lopes, 2014).



Figura 3.4 - Rede Natura no Concelho de Torres Vedras, Sítio Sintra/Cascais. Fonte: Lopes (2014).

Em Torres Vedras, os habitats mais representativos neste Sítio são as arribas com vegetação das costas mediterrânicas com *Limonium spp.* endémicas e as dunas litorais com *Juniperus spp.*, que acompanham toda a orla costeira (Lopes, 2014).

3.1.4 Geomorfologia e Ecossistemas

O concelho de Torres Vedras tem uma superfície terrestre bastante ondulada, com uma altimetria que vai desde a cota 0 (zero) até à cota 395 (trezentos e noventa e cinco), respetivamente ao nível do mar e na Serra do Socorro. As arribas rematam toda a orla marítima, existindo praia desde a margem sul do Rio Sizandro até ao norte do concelho (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). Em consequência da altimetria, conjugada com a utilização

predominantemente florestal dos solos mais a norte do concelho, cria-se uma barreira natural aos ventos predominantes da região mais a noroeste e simultaneamente à salsugem, distinguindo-se assim duas áreas de conforto ambiental dominantes, segundo o Plano Diretor Municipal de Torres Vedras (2006) que se observam na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Comparação entre as duas áreas de conforto ambiental dominantes no concelho de Torres Vedras.
Fonte: Plano Diretor Municipal de Torres Vedras - vol. II – Doc. Complementares (2006).

A norte da linha nordeste-sudoeste que passa por Torres Vedras caracterizada por:	- Vento de maior velocidade; - Salsugem; - Maior número de sebes de <i>Arundo donax</i> (caniços).
A sul daquela linha caracterizada por:	- Vento de menor velocidade; - Menor número de sebes de <i>Arundo donax</i> (caniços).

O litoral do concelho de Torres Vedras está integrado numa estrutura geológica do tipo depressão, designada por Bacia Lusitânica, originada há cerca de 250 milhões de anos pela interação de diversos fenómenos geo-estruturais, como as plataformas de abrasão marítima (Praia da Assenta e da Areia Branca), os filões, as chaminés vulcânicas (Praia da Assenta), as dunas (Praia da Areia Branca e da Consolação) e ainda plataformas compactadas de fósseis (Praia da Consolação), que se estende desde Espinho a Sesimbra. Os materiais sedimentares que a constituem foram-se depositando ao longo dos anos sobre as antigas estruturas, sendo essencialmente rochas carbonatadas ou detríticas, que são formadas por areias, grés, argilas e conglomerados (Rosa, 2013).

O litoral do concelho de Torres Vedras é representado por uma grande diversidade de paisagens e ambientes. A degradação da sua qualidade ambiental, a perda de valiosos ecossistemas, o esgotamento de recursos, a subida do nível das águas do mar e o impacto das constantes alterações climáticas são alguns dos intervenientes que o influenciam (Rosa, 2013).

As formações geológicas predominantes no concelho de Torres Vedras são fundamentalmente de origem sedimentar, tendo como áreas dominantes (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006):

- O grés, fundamentalmente em duas manchas: Envolvendo a Senhora do Socorro e prolongando-se por uma língua até Catefica. Uma área, entre duas linhas convergentes, em Casalinhos de Alfaiata: - uma que liga Casalinhos de Alfaiata /Torres Vedras/Monte Redondo/Maxial; e uma outra que liga Casalinhos/Vila Facaia/Outeiro da Cabeça.
- Os Aluviões, do quaternário, associados aos vales das linhas de água e muito importantes do ponto de vista hidrogeológico, com destaque para as manchas dos vales do Alcabrichel e Sizandro.
- As Dunas e Areias de Duna do Quaternário, assim como as areias de praia afloram em estreitas faixas junto ao litoral. Os Depósitos de antigas praias e terraços do quaternário, destacando-se os de Silveira e A dos Cunhados.

Não sendo de origem sedimentar e constituindo exceção, mas de origem predominantemente basálticos, os afloramentos de rochas ígneas são pouco significativos, destacando-se o Monte do Socorro e as Mariquitas que são duas chaminés de basalto. Segundo o Plano Diretor Municipal de Torres Vedras (2006), verifica-se a presença de floresta na zona norte do concelho e de agricultura na zona sul, com as áreas de maior risco de infiltração sendo os aluviões e as de maior risco de erosão sendo as áreas de grés.

O município de Torres Vedras conta ainda com os seguintes recursos minerais (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006):

- Águas Minerais de “Cucos” – Situadas a sudeste de Torres Vedras, no vale do rio Sizandro, estão relacionadas com uma falha tectónica de noroeste-sudoeste que se prolonga até aos moinhos de vento de Cabaços, moinho da Serra das Marvãs e moinho do Casal do Aleixo. São águas bicarbonatadas, sódicas, muito radioativas, pelo rádon, com indicações terapêuticas para reumatismo, doenças de nutrição e de circulação, frequentemente utilizadas em banhos de imersão e lamas;
- Águas Minerais do “Vimeiro” – Situadas no vale do rio Alcabrichel, próximo da povoação de Maceira, são constituídas pela exploração de duas nascentes: Rainha Santa Isabel e Fonte dos Frades. Estas águas são bicarbonatadas e cloretadas;
- Areias - Extrações de areias e saibros, predominantes nas formações de “Grés de Torres Vedras”;
- Argilas - Exploradas nas formações do Jurássico superior, localizando-se na área norte do concelho, abrangendo as freguesias de Maxial e Monte Redondo, Outeiro da Cabeça e Campelos e Ramalhal, são utilizadas para o fabrico de telhas e tijolos, nas cerâmicas da região;
- Calcários - Provêm sobretudo das formações do Cretácico e são geralmente utilizados para a construção civil e empedramento, sob a forma de britas, preparação de cal e calçadas. No concelho podem ser encontrados, por exemplo, na pedreira de Espera (Runa) e pedreira de Porto Novo (Maceira);
- Salgema - Encontram-se importantes massas de salgema no diapiro de Matacães, sendo a exploração feita através da injeção de água e dissolução do sal em profundidade. A água salgada assim obtida é encaminhada para as fábricas da Póvoa de Santa Iria, por meio de uma conduta com algumas dezenas de quilómetros de comprimento.

Na Figura 3.5 pode visualizar-se uma representação da faixa litoral do concelho de Torres Vedras e ainda a localização das praias que a constituem, esta imagem pertence aos anexos do PDM de Torres Vedras (Rosa, 2013). Adicionalmente, a fisiografia de Torres Vedras pode ser vista em baixo na Figura 3.6.

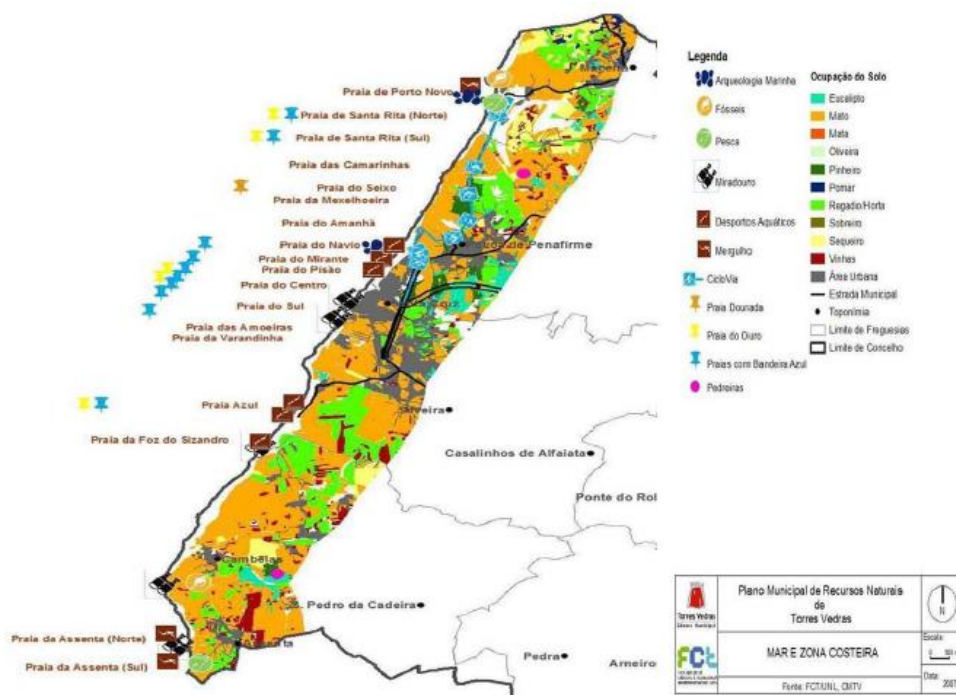


Figura 3.5 - Faixa litoral do concelho de Torres Vedras. Fonte: Rosa (2013).

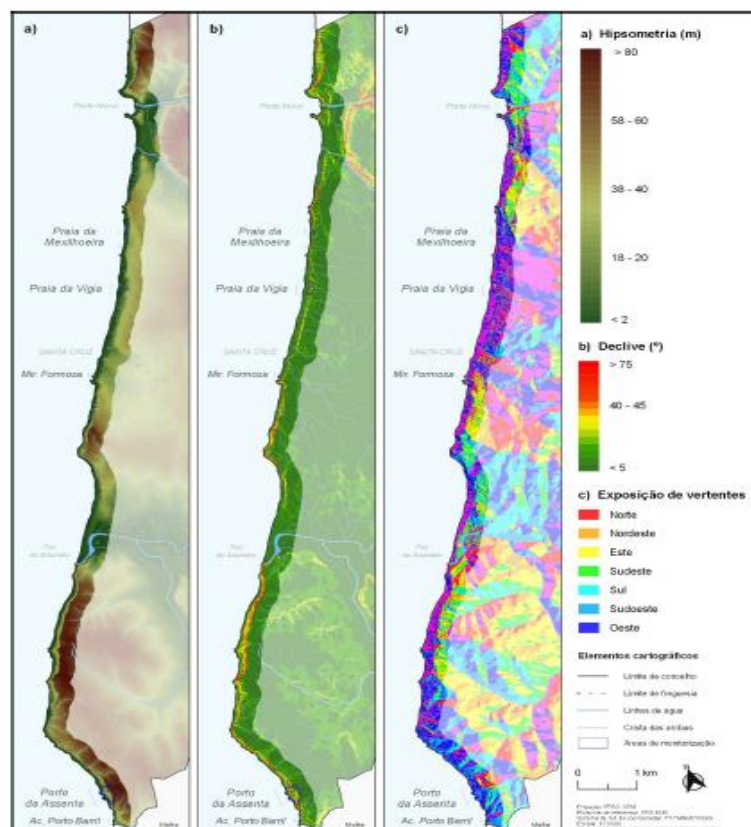


Figura 3.6 - Condições fisiográficas do litoral de Torres Vedras. Fonte: Ramos (2021).

A ocorrência de movimentos de vertente é bastante influenciada por fatores de ordem geológica – como a litologia, a estrutura, a rede de fraturação ou a presença de formações superficiais; e ordem geomorfológica – morfologia das vertentes (côncava, convexa, retilínea), exposição, encaixes da rede de drenagem e coberto vegetal; e ainda de ordem antrópica – como construções e alteração do perfil das arribas (N. Ramos, 2021).

No litoral de Torres Vedras, a instabilidade das vertentes costeiras é um risco muito presente. Ao longo da costa identificam-se desde deslizamentos rotacionais e translacionais, a fluxos e ravinamentos, quedas e tombamentos e, inclusivamente, a combinação entre os vários, sendo o mais comum o envolvimento de quedas, podendo ser observado na Figura 3.7 (N. Ramos, 2021) os respetivos locais de ocorrência. Foi também possível, obter uma visualização da litologia do município de Torres Vedras na Figura 3.8.

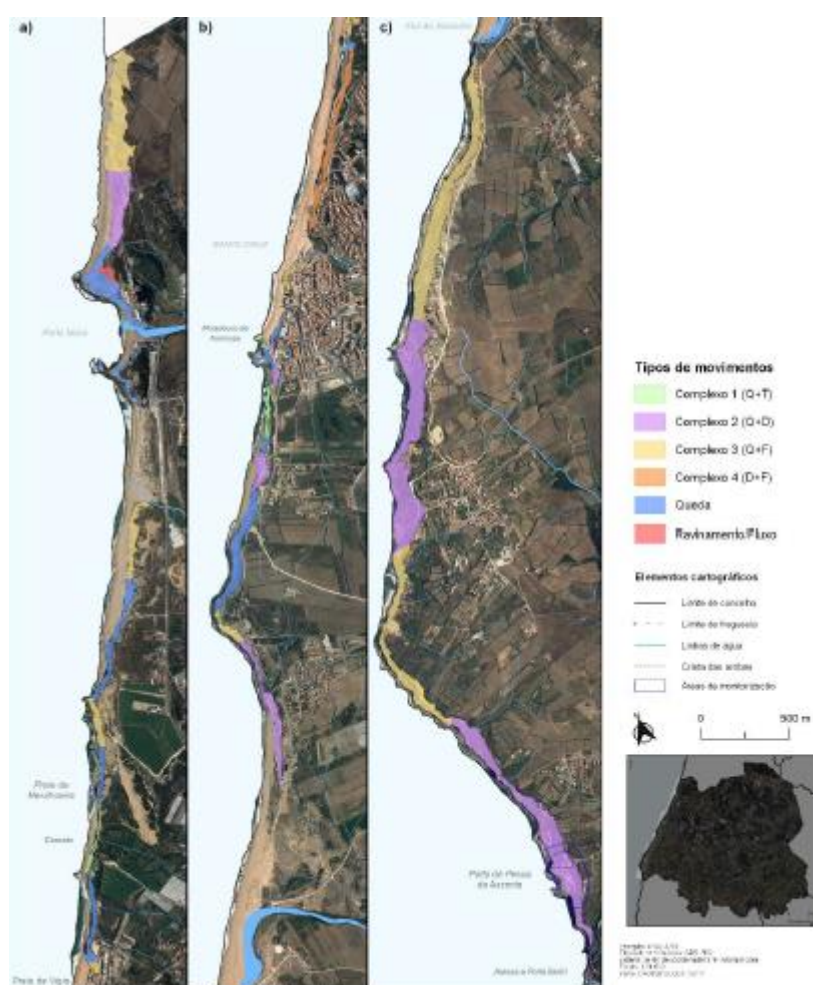


Figura 3.7 - Tipos de movimentos de vertente mais frequentes na faixa litoral de Torres Vedras (Q = quedas; T = tombamentos; F = fluxos/ravinamentos; D = deslizamentos). Fonte: Ramos (2021).

2. Afloramento da Praia de Cambelas: afloramento de grandes dimensões e com elevada continuidade lateral que ilustra uma intercalação de fases de deposição mais ou menos intensivas (arenitos e argilitos, respetivamente).

- Vulnerabilidade: Grau – Muito elevada; Tipo – Natural.
- Valor associado: Científico; Paisagístico; Didático e Turístico.

3. Afloramento da Praia a Sul de Assenta: afloramento de grandes dimensões que ilustra (para além de uma sequência de formações areníticas, argilosas e calcárias) variadíssimos aspetos referentes à geologia sedimentar (fósseis – somatofósseis e icnofósseis; níveis orgânicos – carvão; estruturas sedimentares convolutas). Outros Aspetos Relevantes: Presença de uma Chaminé Vulcânica de grandes dimensões exposta numa falésia de 40 m de altura sendo composta litologicamente por Brecha Vulcânica; Presença de uma Falha principal com direção NNE-SSW com levantamento do bloco a Oeste (Deformação frágil); Presença de Dobras Convolutas, ou seja, de estruturas de deformação pós-deposicionais formadas em sedimentos finos, não coesos, muito plásticos e saturados em água. São geradas pela ação de forças internas ao sedimento, envolvendo movimentos verticais, que facilmente o deformam pela sua plasticidade (Deformação dúctil).

- Vulnerabilidade: Grau – Elevada; Tipo – Natural e Antrópica.
- Valor associado: Científico; Paisagístico; Didático e Turístico.

Por sua vez no património paleontológico verifica-se a presença de dois importantes valores paleontológicos identificados Lopes (2014), um que data o ano de 2001 na localidade de Cambelas, um dinossauro carnívoro denominado *Allosaurus*, e outro mais recentemente intervencionado, maio 2014, na localidade de Praia Azul, e trata de um saurópode, os maiores e mais emblemáticos dinossauros herbívoros do Jurássico Superior.

Em 2001, durante trabalhos de prospeção paleontológica, foram descobertos alguns ossos alinhados numa camada. Estes elementos ósseos, pela sua morfologia, sugeriam tratar-se de gastrália, ou costelas ventrais. Nesse mesmo ano e no seguinte decorreram as campanhas paleontológicas para escavação deste exemplar, posteriormente identificado como pertencendo ao género de dinossauros carnívoros *Allosaurus*. Foram escavadas várias partes do seu esqueleto, desde vertebrae caudais e dorsais, membro posterior e cintura pélvica. Este é um dos géneros de dinossauros mais abundante e melhor conhecido atualmente no Jurássico Superior da América do Norte. São dinossauros bípedes de grande porte, com crânios longos e estreitos, geralmente ordenamentados com crestas. Possuíam membros posteriores robustos, extremidades anteriores relativamente reduzidas com três dedos e caudas longas e fortes. Podiam atingir em tamanho adulto entre os oito e os doze metros de comprimentos, e dois a quatro metros de altura.

Relativamente à jazida da Praia Azul, esta ainda não foi totalmente identificada, sendo ainda perceptível o género, no entanto já existem informações de outras intervenções relativamente aos saurópodes. Os saurópodes constituem um grupo de dinossauros no qual se podem encontrar os maiores animais terrestres que alguma vez viveram no planeta Terra,

como é disso exemplo o *Brachiosaurus* e *Turiasaurus*. Estes dinossauros tiveram ampla distribuição geográfica e são especialmente bem conhecidos no Jurássico Superior e no Cretácico Superior, encontrando-se representados em todas as massas continentais. Para além das dimensões apreciáveis que alguns destes animais podiam atingir, estes são geralmente conhecidos pelos seus membros colunares, pescoço e cauda de extensão muito significativa e por crânios de pequena dimensão quando comparados com o tamanho corporal total. Em Portugal, os saurópodes são um grupo de dinossauros mais abundantes do Jurássico Superior. São várias as ocorrências identificadas no concelho de Torres Vedras. Atualmente foram identificadas três espécies distintas, *Lourinhasaurus alenquerensis*, *Lusotitan atalaiensis* e *Dinheirosaurus lourinhanensis*. Importa ainda referir que existem ainda muitas jazidas por interencionar, e também por identificar.

3.1.5 Uso do Solo

Para compreender como é feito o uso do solo e a distribuição da população pelos diversos setores económicos da região, é importante conhecer alguns dados sobre a população local.

De acordo com dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), a população residente no município de Torres vedras aumentou 4,5% entre 2011 e 2021, apresentando o concelho de Torres Vedras 83.075 habitantes. O concelho de Torres Vedras tem uma densidade populacional (204 habitantes/km², 2021) superior à densidade populacional média do país (111 habitantes/km², 2021). Verifica-se ainda que as faixas etárias mais afetadas pelas alterações climáticas se prendem com os maiores de 65 anos e os menores de 5 anos (Alves et al., 2024).

A Freguesia de Santa Maria, São Pedro e Matacães é a que apresenta o maior número de população residente, sendo esta superior a 25.000 habitantes (Figura 3.9). Destacam-se, ainda, as freguesias de Freiria, Ponte do Rol, Ramalhal, Turcifal, UF de Campelos e Outeiro da Cabeça, UF de Carvoeira e Carmões, UF de Dois Portos e Runa e UF de Maxial e Monte Redondo, com uma população residente inferior a 5.000 habitantes, (Alves et al., 2024)

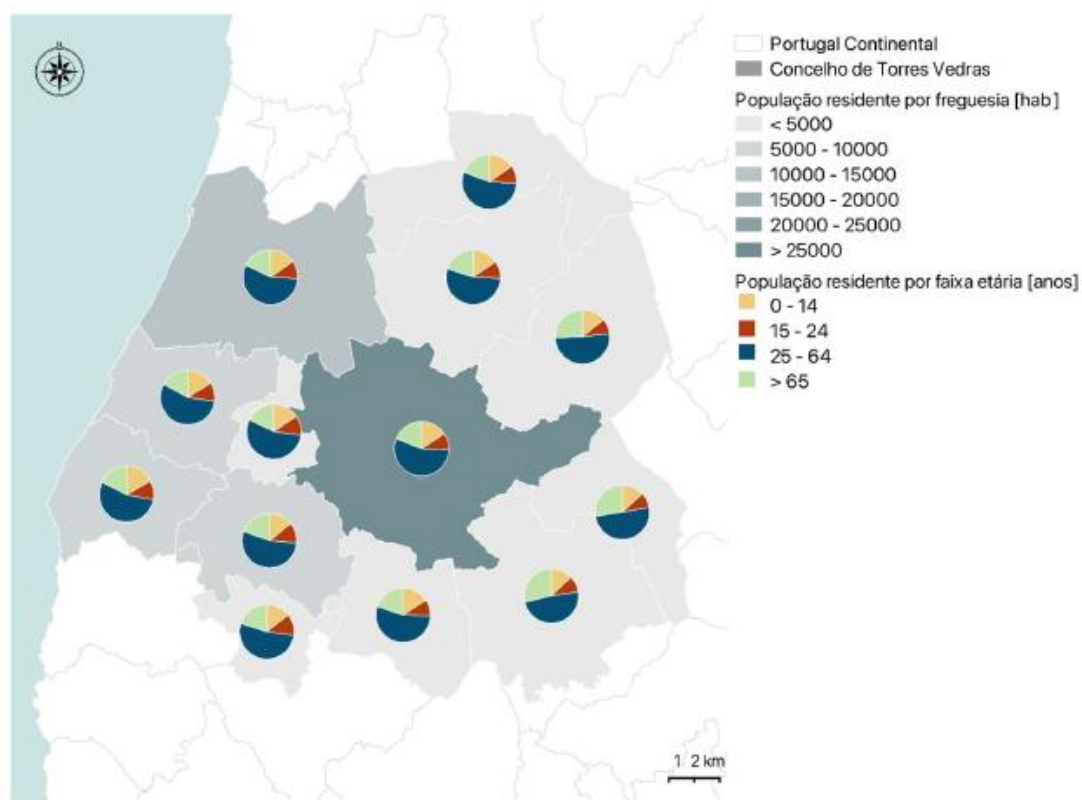


Figura 3.9 - População residente por freguesia e por faixa etária no concelho de Torres Vedras. Fonte: Adaptado de INE (2011).

No domínio do desenvolvimento económico, Torres Vedras apresenta grande dinamismo, constituindo-se como o primeiro centro de emprego (22,9%) e o primeiro em concentração empresarial (23,5%) no contexto da NUTS III do Oeste. Esta relevância confere-lhe um papel fundamental na afirmação das dinâmicas funcionais do Oeste, detendo uma posição central estratégica (Alves et al., 2024).

O tecido empresarial do concelho de Torres Vedras é constituído por 11.060 empresas, empregando 31.765 trabalhadores (Alves et al., 2024). Conforme ilustrado na Figura 3.10, predominam na região as empresas de serviços, sobretudo, associadas ao comércio a retalho.

A atividade agrícola (vinha e horticultura) e a indústria agroalimentar apresentam também um papel de destaque, quer ao nível do número de empresas, quer ao número de trabalhadores, (Alves et al., 2024).

Empresas localizadas no concelho de Torres Vedras, por setor de atividade, em 2019

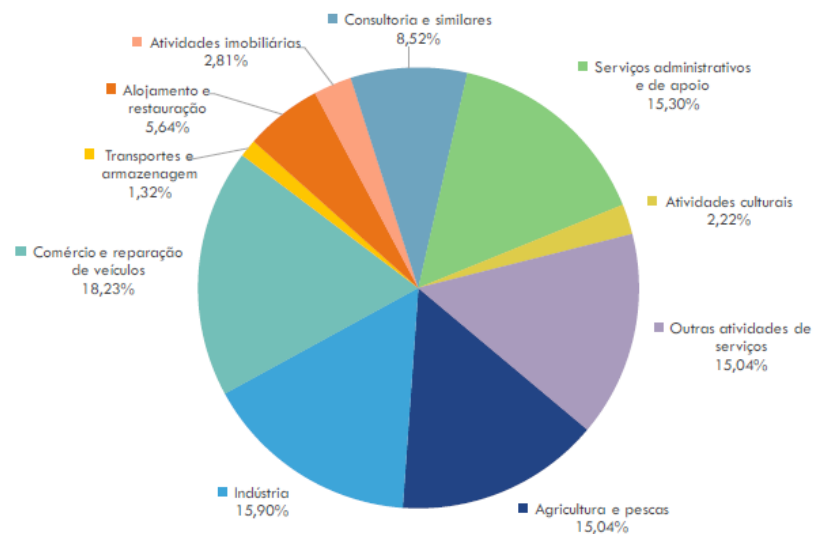


Figura 3.10 - Empresas localizadas no concelho de Torres Vedras, por setor de atividade, em 2019.

Fonte: Adaptado de INE (2019)

O concelho de Torres Vedras apresenta grande heterogeneidade de solos, desde solos pesados argilosos de cor vermelha ou parda, solos esqueléticos pouco profundos, solos aluvionares e solos arenosos, razão que se prende também com a diversidade das formações geológicas (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

De acordo com a nomenclatura pedológica do CNROA (Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário), estão representadas na carta-síntese de solos, à escala 1:100000, elaborada para a Região Oeste, vinte e quatro unidades-pedológicas, as quais em termos classificativos correspondem a associações de solos afins, denotando identidade quanto a características pedogenéticas e físicas. Segundo o Plano Diretor Municipal de Torres Vedras (2006) é possível encontrar 24 unidades-solo ou unidades pedológicas, sendo estas:

- Regossolos (psamíticos e para-hidromórficos)
- Aluviossolos (modernos e antigos)
- Solos Litólicos (de arenitos e de rochas eruptivas básicas)
- Solos Calcários Pardos (normais e para-barros)
- Solos Calcários Vermelhos (normais e para-barros)
- Barros (não calcários e calcários)
- Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários (normais e para-hidromórficos)
- Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários (normais, para-barros e para-hidromórficos)
- Solos Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Calcários (normais e para-barros)
- Solos Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Não-Calcários (normais)
- Podzois (de arenitos e de materiais arenáceos)
- Solos Salinos (de aluviões)
- Solos Hidromórficos

Uma vez identificadas as unidades pedológicas do município de Torres Vedras, é possível através da carta de vocação dos solos do Plano Diretor Municipal de Torres Vedras (2006) observar as seguintes categorias ou classes de potencialidades agrárias: 1) Agricultura em terras baixas (intensificação cultural sob regadio, intensificação cultural sob regadio em correspondência com terraços, culturas anuais horto-frutícolas); 2) Agricultura em terras altas (pomares e vinha; horta-fruticultura sob regadio, culturas arvenses - cereais de Inverno e sachadas de primavera/verão); 3) Pastagem melhorada e produção forrageira; 4) Utilização Florestal / Floresta de Produção; 5) Mata Natural/Silvo-Pastorícia; 6) Mata/Matos de Proteção.

É possível verificar que a agricultura assume um papel de relevo na economia de Torres Vedras, com 56% da área do território ocupada por áreas agrícolas, de pastagens e áreas agroflorestais. A UF de Dois Portos e Runa, UF de A dos Cunhados e Maceira, Santa Maria, São Pedro e Matacães, Ventosa, São Pedro da Cadeira e Turcifal, são as freguesias do concelho que apresentam uma maior área agrícola (Alves et al., 2024).

Conforme o PMDFCI (Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios) 2021-2030, destaca-se ainda o peso da atividade do setor primário no concelho, apesar da baixa representatividade que apresenta em termos do número de trabalhadores, volume de negócios e Valor Acrescentado Bruto. Além disso, muitos dos trabalhadores que têm como primeira atividade os setores secundário e terciário desenvolvem atividade agrícola (setor primário) pós-laboral.

Segundo o Relatório sobre o Estado do Ordenamento do Território 2018 (Alves et al., 2024), a vinha, culturas forrageiras e pastagens, culturas cerealíferas, fruticultura, batata e horticultura, correspondem ao tipo de culturas predominantes no território municipal. A vinha e a horticultura são as culturas que apresentam maior dinamismo e uma evolução positiva demonstrada pela crescente profissionalização e investimento em infraestruturas e equipamentos afetos a cada uma das culturas. A vinha constitui-se como uma atividade central para o desenvolvimento económico do concelho. Torres Vedras possui uma Denominação de Origem Controlada (DOC) da região de Lisboa, tendo sido eleita, junto com Alenquer, "Cidade Europeia do Vinho 2018".

Relativamente às horto-frutícolas, destaca-se a importância desde as vulgares hortaliças até ao morango, melão, tomate e batata, considerando-se ainda o elevado interesse do milho e das diversas proteaginosas (fava, ervilha, feijão e grão-de-bico), existindo ainda prados que servem de base e de suporte para a pecuária bovina de função leite ou carne (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

3.2 As Alterações Climáticas em Torres Vedras: Impactes e Desafios

3.2.1 Impacte das Alterações Climáticas para o Litoral de Torres Vedras

A temperatura mundial está a aumentar, este fenómeno é denominado por aquecimento global. Segundo Alves et al. (2024), pode observar-se que setores como água potável e consequentemente a produção alimentar serão gravemente afetados, com o aumento da disponibilidade de água em latitudes elevadas, mas sendo prevista uma diminuição da mesma para latitudes médias (zonas mais secas). Também a poluição levará, devido à emissão excessiva de gases poluentes, a um declínio de saúde, sobretudo de pessoas com reduzida capacidade de adaptação, através: i) do aumento da subnutrição (implicações no crescimento e desenvolvimento infantil); ii) do acréscimo de mortes e doenças provocadas pelas ondas de calor, inundações, incêndios e secas; iii) do aumento da frequência de doenças cardiorrespiratórias (potenciadas pelas concentrações mais elevadas de ozono no nível do solo); iv) da alteração da distribuição espacial de diversos vetores de doenças infecciosas. Por outro lado, diversos estudos nas áreas temperadas demonstram que a mudança climática pode gerar alguns benefícios, nomeadamente numa redução de mortalidade por exposição ao frio.

O problema das alterações climáticas é principalmente denotado em cidades no litoral, devido à alta concentração de pessoas, o que envolve uma maior exposição e consequentemente o aumento do perigo (Calvin et al., 2023).

Ao longo dos últimos 30 anos de avaliações do IPCC, as evidências e a compreensão das causas humanas que provocam o aquecimento global e das mudanças associadas aos oceanos e à criosfera, aumentaram. Estima-se que as atividades humanas tenham provocado aproximadamente 1,0 °C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais. Uma das principais áreas de preocupação é a esperada aceleração da subida do nível do mar (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022).

As características das mudanças nos oceanos e na criosfera incluem limiares de mudanças abruptas, e mudanças de longo prazo que não podem ser evitadas e que são irreversíveis. O aquecimento dos oceanos, a acidificação e a desoxigenação, perda de massa de gelo, a esperada degradação irreversível do *permafrost* em escalas de tempo relevantes para as sociedades humanas e os ecossistemas, está comprometida (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022). Tempos de resposta longos de décadas a milénios significam que o oceano e a criosfera estão comprometidos com mudanças de longo prazo, mesmo depois do efeito de estufa atmosférico ter as concentrações de gás e o forçamento radiativo estabilizados. Devido ao aumento projetado do nível médio do mar global os eventos extremos de subida de água do mar (que são historicamente raros) e eventos que se verificavam aquando de um centenário, passarão a ser mais comuns e aumentarão a sua frequência até 2100 sob todos os cenários RCP. Os fatores antropogénicos não climáticos continuarão a aumentar a exposição e vulnerabilidade das comunidades costeiras a futuros eventos de subida do NMM na ausência de grandes esforços de adaptação em comparação com os dias de hoje (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022).

Em linha com a "Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas" (ENAAAC 2020), a OesteCIM promoveu a elaboração do "Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Oeste" (OestePIAAC), tendo em consideração as vulnerabilidades e os riscos com os quais a Região Oeste se debate. Este plano é essencial, uma vez que para esta região se verificam vários eventos extremos, originados pelas alterações climáticas. Entre os eventos descritos no OestePIACC, destaca-se que até ao final do século XXI, poderão acontecer várias alterações do clima, como o aumento da temperatura máxima, na ordem dos 1,9 °C a 3,8 °C; o aumento da frequência de situações de seca, e ainda uma diminuição generalizada da precipitação total anual, que poderá atingir os 17%. Prevê-se um aumento da temperatura média entre 1,6 °C a 3,1 °C. Também se verificará uma maior ocorrência de eventos extremos, como aumento da frequência de precipitação intensa, uma probabilidade maior de ocorrência de incêndios (devido ao aumento de ondas de calor, de até +7 a +13 dias) e um aumento da velocidade do vento (Comunidade Intermunicipal do Oeste, 2018b). É ainda previsto que os setores mais afetados pelas mudanças climáticas sejam a Agricultura e as Florestas, com a sua vulnerabilidade, aumentando por exemplo através do aumento do número de incêndios. No que refere o litoral, são expectáveis o aumento da erosão em várias partes do território, podendo este fenómeno triplicar, sendo também previsíveis o aumento do número e intensidade dos galgamentos. Adicionalmente é ainda previsto o aumento do nível médio do mar, em até 1,2 metros (Comunidade Intermunicipal do Oeste, 2018b), o que colocará populações e infraestruturas costeiras em risco. Prevê-se que o território atualmente em risco triplique e que exista um aumento do número e da intensidade dos galgamentos costeiros.

Em fevereiro de 2024, foi criado o PMAC (Plano Municipal de Ação Climática), que avaliou os impactes climáticos no concelho contribuindo para fornecer uma imagem das consequências do clima atual, em particular dos eventos meteorológicos extremos. Neste sentido, foi recolhida e sistematizada informação sobre os impactes e as consequências dos principais eventos climáticos extremos ocorridos no concelho no passado recente (2000-2021). Este documento desenvolvido pelo Município de Torres Vedras teve como fontes o Serviço Municipal de Proteção Civil; o Comando Distrital de Operações de Socorro de Lisboa; a imprensa nacional, regional e local e ainda bases de dados e fontes relevantes de nível local (Alves et al., 2024). Da análise dos dados é possível concluir que as condições climáticas atuais no concelho de Torres Vedras estão na origem de impactes e consequências relevantes em vários sectores que se poderão agravar no futuro com o agravamento de alterações climáticas. No período 2000-2021, foram contabilizados 44 eventos meteorológicos extremos, com estes sendo responsáveis por 291 diferentes consequências que ocorreram sobretudo nos anos 2011 e 2014 (Alves et al., 2024). Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de implementar um sistema de monitorização de impactes climáticos à escala local, suportado nos serviços municipais, com a colaboração de outras entidades produtoras de informação e de monitorização de emergências a nível nacional, regional e local. Na Tabela 3.2, sintetizam-se os principais eventos climáticos registados em Torres Vedras.

Tabela 3.2 - Síntese dos principais eventos climáticos extremos registados no concelho nos últimos 20 anos.
Fonte: Alves et al. (2024).

Variáveis	Detalhes das variáveis	Resultados
Eventos climáticos registados (n.º)	Precipitação excessiva (cheias/inundações)	31
	Tempestades/Vento forte	8
	Galgamento oceânico	3
	Erosão Costeira	1
	Temperaturas elevadas (ondas de calor)	1
	TOTAL	44
Impactes e consequências de eventos climáticos registados (n.º)	Danos em edifícios	93
	Cheias	40
	Deslizamento de vertentes (como consequência de chuvas ou outro evento climático)	40
	Danos para as infraestruturas (estradas, caminhos-de-ferro, rede de comunicações, etc.)	36
	Danos para a vegetação	27
	Danos em infraestruturas de apoio de praia	17
	Movimentos de massa em arribas	16
	Alterações no uso de equipamentos/serviços	8
	Danos para as cadeias de produção	4
	Falhas no fornecimento de energia	4
	Interrupção/redução do fornecimento de água e/ou redução da sua qualidade	3
	Doenças relacionadas com calor excessivo	1
	Danos para vegetação (Queda de árvores)	1
	TOTAL	291

Com o objetivo de identificar os efeitos que se perspetivam para o território concelhio provocados pelas alterações climáticas, Alves et al. (2024) avaliou os impactes climáticos futuros, tendo em consideração as suas características e riscos específicos, e as atividades socioeconómicas que se desenvolvem no concelho.

Esta avaliação foi estruturada segundo os sectores da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA) de 2020, e tem como ponto de partida o exercício semelhante desenvolvido no âmbito do OestePIAAC (Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Oeste), onde foram identificados os principais impactes esperados, nomeadamente os impactes negativos e positivos, diretos e indiretos. Recuperando esse exercício de escala intermunicipal, procedeu-se à sistematização dos principais impactes, negativos e positivos, diretos e indiretos, que poderão ocorrer no concelho até ao final do presente século, como resultado das alterações climáticas projetadas. De acordo com os estudos de cenarização desenvolvidos no âmbito do PMAC de Torres Vedras e apresentados na respetiva avaliação bioclimática, é projetado um agravamento de praticamente todos os parâmetros climáticos considerados. As principais alterações projetadas nas variáveis climáticas para o território concelhio, para meados e final do presente século são, em síntese, as seguintes (Alves et al., 2024):

- Aumento do número médio de dias em onda de calor por ano;
- Aumento do número médio de noites tropicais por ano; Aumento da temperatura média anual;
- Tendências contrastantes nos cenários a longo prazo da precipitação: no cenário RCP 4.5, projetando-se que a precipitação total aumente ligeiramente, mas concentrada num menor número de dias; com o cenário de maiores emissões RCP 8.5 projetando uma redução acentuada da precipitação total e do número de dias com precipitação;
- Evolução positiva (diminuição) do número de dias de geada por ano.

Segundo o PMAC (2024), os setores que serão mais afetados pelas alterações climáticas são: agricultura e florestas, biodiversidade e paisagem, economia, energia e segurança energética, saúde humana, segurança de pessoas e bens, recursos hídricos, transportes e comunicações, zonas costeiras e mar.

Verifica-se assim para o setor "agricultura e florestas" que se espera um maior risco de perda de culturas, devido às elevadas temperaturas e erosão do solo, no entanto o risco de perdas provocadas por geadas será reduzido pelas alterações climáticas. Prevê-se ainda que devido às elevadas temperaturas, será necessária uma racionalização da água.

Para o setor "biodiversidade e paisagem", são esperados impactos negativos para os ecossistemas, com perdas de habitat em zonas costeiras, sapais e lodaçais. Espera-se assim que algumas espécies possam desaparecer ou que o seu número seja reduzido, em associação também à maior ocorrência de incêndios. No entanto espera-se também que devido às temperaturas mais altas, algumas espécies não necessitem de migrar, o que por sua vez poderá aumentar o turismo da região.

No setor "economia" são esperados ganhos devido a um incremento do turismo, potencial diversificação de investimentos em tecnologias e soluções inovadoras e emergentes para aproveitamento dos recursos renováveis e redução dos custos de saúde com a redução de doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório. Por outro lado, são esperadas perdas devido a danos em habitações, estabelecimentos comerciais, indústrias e património, com possíveis perdas também para problemas associados à perda de biodiversidade e problemas provenientes de incêndios.

No que refere o setor da "energia e segurança energética" são previstas reduções de energia para aquecimento, e com oportunidades de melhoria no conforto térmico das habitações, fazendo uso da energia solar. Como aspetos negativos prevêem-se problemas térmicos para o verão e o aumento da energia para arrefecimento, com as alterações climáticas podendo provocar danos nas infraestruturas responsáveis pelo fornecimento de energia.

Relativamente ao setor da "saúde humana", espera-se a diminuição da mortalidade associada a doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório, no entanto espera-se que doenças cardiovasculares e respiratórias aumentem, por exemplo através da maior libertação de partículas durante os incêndios, podendo também aumentar a ocorrência de doenças induzidas por vetores como o dengue.

No que respeita o setor da "segurança de pessoas e bens" são esperados efeitos predominantemente negativos no que refere a exposição de pessoas a eventos extremos, acidentes, e a danos em edifícios.

No que refere o setor de "recursos hídricos" é esperado que com o aumento da precipitação no inverno, exista maior disponibilidade hídrica caso se faça uma gestão sustentável e eficiente dos recursos hídricos, no entanto caso a temperatura aumente, poderá verificar-se um aumento das necessidades hídricas, problema agravado pela degradação da qualidade da água, o que poderá colocar também em perigo a biodiversidade.

Relativamente ao setor "transportes e comunicação" prevê-se o aumento de danos em infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, devido a precipitação intensa, incêndios e pela subida do NMM, o que diminui a segurança e potencia a ocorrência de acidentes.

Por fim, mas extremamente importante, para o setor "zonas costeiras e mar", perspectiva-se que apesar de alguns impactos positivos indiretos, como a atração de turistas, aumento dos stocks de pesca, possível surgimento de novas espécies e possibilidades de melhoria do ordenamento do território, os efeitos previstos são maioritariamente negativos. Estes efeitos prendem-se com a maior erosão do litoral, e o recuo da linha de costa. Adicionalmente prevê-se ainda que o número de ocorrências de galgamento aumente, bem como o de intrusões salinas, e ainda a frequência de danos a infraestruturas e a ecossistemas.

Um tipo de soluções que pode ser desenvolvido para minimizar estes efeitos são as Soluções Baseadas na Natureza, que valorizam os serviços dos ecossistemas e o bem-estar humano, bem como o uso mais difundido de infraestruturas verdes. Considera-se que por infraestrutura verde se entende uma rede planeada estrategicamente de zonas naturais e seminaturais, incluindo características ambientais concebidas e geridas para prestar uma vasta gama de serviços ecossistémicos, e que incorpora espaços verdes (ou azuis, no caso dos ecossistemas aquáticos) e outras características físicas em zonas terrestres (incluindo zonas costeiras) e marinhas em meios rurais e urbanos; (Jornal Oficial da União Europeia, 2020). Estas soluções demonstram ser bastante positivas, num contexto de sequestro de carbono, criação de espaços verdes, benefícios para a saúde, cariz educacional, utilização para a produção de alimentos, permeabilização do solo, proteção da biodiversidade e proteção das zonas costeiras. No Anexo 1, podem ser encontradas medidas adicionais disponibilizadas pela EMAAC (2016), para o combate às Alterações Climáticas.

3.2.2 Intervenções Estruturais Recentes no Litoral de Torres Vedras

A Orla Costeira, enquanto espaço de interface mar/terra, constitui uma parcela particularmente sensível do território dada a complexidade dos fenómenos naturais, bem como das tensões antropogénicas a que está sujeita, com as últimas sendo responsáveis por cerca de 90% do recuo da linha de costa do litoral português (F. Cardona, 2015). Por esta razão ao intervencionar as zonas costeiras, deve ter-se em consideração todas as consequências que possam advir deste processo.

De forma simplificada, a morfologia da costa é principalmente influenciada pela interação das ondas, pelo fornecimento sedimentar e pelas variações do NMM (F. Cardona, 2015).

Uma vez conhecidas as características da região, no que refere aspetos como a geomorfologia, uso do solo, condições climáticas e projeções que se esperam devido ao efeito das alterações climáticas para a região de Torres Vedras, é importante caracterizar com maior detalhe a faixa litoral de Torres Vedras, cuja extensão é de 19,1 km (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Quanto à estrutura de povoamento na faixa costeira de Torres Vedras, verifica-se que esta corresponde, essencialmente, a um povoamento disperso no qual se interrelacionam pequenos lugares, ligados à estrutura agrária ou a atividades marítimas de subsistência, antigos aglomerados urbanos que se expandiram significativamente nas últimas décadas e um conjunto de áreas turísticas, na sua maioria recentes, ligadas à exploração balnear das praias (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006).

Para a caracterização da zona em estudo, irão ser utilizadas várias fontes, nomeadamente:

- O POC de Alcobaça - Cabo Espichel
- Informações provenientes da Câmara Municipal de Torres Vedras
- Documentos científicos sobre o litoral de Torres Vedras
- Visitas ao local
- Google Maps (para confirmações pontuais) e Google Earth Pro (para medições)

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2021b), os Programas da Orla Costeira (POC) visam a prossecução de objetivos indispensáveis à tutela de interesses públicos e de recursos de relevância nacional com repercussão territorial e estabelecem regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais, através de medidas que instituem ações permitidas, condicionadas ou interditas, prevalecendo sobre os planos territoriais de âmbito intermunicipal e municipal. Os POC abrangem uma faixa ao longo do litoral com uma largura mínima de 500 m na zona terrestre, podendo ir a 1000 m, quando tal seja justificado pela necessidade de proteção de sistemas biofísicos costeiros, e uma faixa marítima até à batimétrica dos 30 m, incluindo as áreas sob jurisdição portuária.

Os POC assumem um caráter estratégico e o seu conteúdo normativo, relativo aos regimes de salvaguarda e gestão dos recursos e valores naturais e que condiciona a ocupação, uso e transformação do solo, deve ser integrado nos planos territoriais, quando aplicável (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021b).

A zona em estudo é abrangida pelo Programa da Orla Costeira Alcobaça - Cabo Espichel (POC-ACE), que abrange 224 km da orla costeira, repartidos por 12 concelhos, e inclui as águas marítimas costeiras e interiores e os respetivos leitos e margens, assim como as faixas de proteção marítimas e terrestres inseridas na área de circunscrição territorial da Administração Regional Hidrográfica Tejo e Oeste, dos municípios de Alcobaça, Nazaré, Caldas da Rainha, Óbidos, Peniche, Lourinhã, Torres Vedras, Mafra, Sintra, Cascais, Almada e Sesimbra (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021a).

O processo de caracterização do litoral de Torres Vedras, representado na Figura 3.11, será analisado de acordo com as divisões do POC-ACE: Porto Novo, Santa Rita, Mexilhoeira, Vigia, Navio, Mirante, Pisão - Física, Santa Cruz - Santa Helena - Guincho, Formosa, Azul, e Foz do Sizandro.

Figura 3.11 - Representação do Concelho de Torres Vedras e das suas praias. Fonte: Guia do Oeste (2024).

3.2.2.1 Porto Novo

A praia de Porto Novo é uma praia arenosa, configurada por uma baía, com tipologia periurbana. Em 2015, a Câmara Municipal de Torres Vedras, realizou obras de requalificação na praia de Porto Novo, com vista a resolver alguns problemas identificados na zona (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2015).

Após a conclusão das obras na praia de Porto Novo não se verificaram infraestruturas cinzentas significativas (com exceção do parque de estacionamento e rampa de acesso a veículos de emergência), com infraestruturas verdes e azuis tendo sido construídas (estabilização de arribas e muros de proteção costeiros respetivamente).

Da análise do POC podem ser identificadas algumas estruturas que necessitam de obras de adaptação, nomeadamente de mudanças na sua construção, sendo este o apoio de praia Beach Bar Promar, com o apoio de praia Restaurante Peixe Fresco e Marisqueira Promar, incorretamente instalado e devendo ser realocado para a retaguarda. Adicionalmente alguns edifícios encontram-se em zona da faixa de salvaguarda para o mar, pelo que algumas medidas de adaptação, que poderiam ser implementadas são medidas de impermeabilização externa e sistemas de drenagem, podendo também ser equacionada a estratégia de retirada. Algumas soluções possíveis de aplicar à praia passam pela alimentação de praia e alimentação dunar. Verifica-se ainda a instabilidade potencial em algumas arribas (que podem ser reperfiladas, ou onde se podem aplicar técnicas de saneamento de blocos) e a proximidade das águas do mar ao rio Alcabrichel (apesar de o problema já ter sido abordado). Na Figura 3.12 representa-se a vista aérea da praia de Porto Novo.



Figura 3.12 - 1) Representação aérea da praia de Porto Novo; 2) Localização da praia de Porto Novo.
Fontes: 1) portugalfotografiaaerea (2012); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019)

3.2.2.2 Santa Rita

A praia de Santa Rita é do tipo arenosa configurada por baía, sendo da tipologia periurbana. No contexto desta praia, verifica-se que as dunas são estruturas geológicas frágeis, mas muito importantes, uma vez que assumem um papel de proteção do meio terrestre, evitando as consequências da subida do NMM (contaminação de aquíferos pela água salgada, salinização dos solos, destruição de infraestruturas humanas e abrasão marítima das falésias) (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2007).

O sistema dunar de Santa Rita é constituído em primeira instância pela existência de uma duna primária caracterizada pela escassez de nutrientes e água e presença de plantas adaptadas a condições extremas de seca, temperatura, salinidade e ventos. Esta paisagem enquadra-se numa paisagem típica do litoral torriense, com fraca pressão urbanística. No entanto, a forte pressão humana, nomeadamente durante a época balnear, a elevada circulação de veículos e o pisoteio da vegetação associado à ação dos agentes erosivos (vento e

marés) determinaram a destruição do perfil normal do sistema dunar (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2007).

Segundo a Câmara Municipal de Torres Vedras (2007) para a recuperação do sistema dunar de Santa Rita e na sequência do levantamento de campo realizado, foi realizada a monitorização através da realização de dois levantamentos anuais (março e setembro) de forma a acompanhar os ciclos vegetativos das espécies e a dinâmica do volume dunar, em cinco unidades de amostragem distribuídas em áreas representativas. Como forma de salvaguarda do delicado equilíbrio ecológico do sistema dunar de Santa Rita, procedeu-se a diversas intervenções no mesmo. Em 2005 foi redimensionado o parque de estacionamento existente, recuando o limite relativamente à zona mais sensível através da instalação de uma cerca em madeira que impede a aproximação de veículos. Em 2007 construíram-se duas passadeiras pedonais em madeira para condicionamento de acessos e controlo do pisoteio (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2007).

Da análise do POC na praia de Santa Rita, verificam-se graves problemas de erosão e galgamento no sistema dunar, com possibilidade de inundação do parque de estacionamento e com um dos apoios de praia (Bar Portal) devendo ser adaptado, ficando apto a uso sazonal no verão com auxílio a técnicas de impermeabilização externa, e com o outro apoio de praia (Restaurante Grão d'Areia), dentro da faixa de salvaguarda para o mar, porém este já se encontra sobre-elevado, o que diminui assim a sua exposição.

A praia de Santa Rita, representada na Figura 3.13 não apresenta infraestruturas cinzentas, porém já conta com muitas técnicas de *Nature-Based Solutions*, nomeadamente com passadiços para diminuir a ação do pisoteio humano e vegetação para fixar as dunas. Tendo em conta a previsão de grandes níveis de erosão e galgamento, com possíveis inundações, esta praia necessita de intervenções urgentes.



Figura 3.13 - 1) e 2) Praia de Santa Rita; 3) Localização da praia de Santa Rita.

Fontes: 1) e 2) Fotografias de Tiago Coelho (2024); 3) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

Como soluções para os problemas apresentados, poderiam considerar-se a sobre-elevação dos passadiços, e ainda a instalação de um sistema de paliçadas de vime, para fixar melhor a areia no sistema dunar, protegendo-o da ação do vento e da salinidade, executando assim uma restauração dunar. O parque de estacionamento deve também ser realocado em direção à retaguarda, como forma de aumentar a proteção e segurança do espaço, bens e pessoas.

3.2.2.3 Mexilhoeira

A praia da Mexilhoeira, é uma praia do tipo retilínea arenosa precedida por arribas, sendo a sua tipologia seminatural. Esta praia não se encontra perto de habitações, estando perto de variados campos agrícolas. Nesta praia não são verificadas infraestruturas cinzentas ou azuis, com a única infraestrutura verde verificada sendo o passadiço de acesso à praia.

Da análise do POC, existe um apoio de praia simples que deve ser sobre-elevado, bem como um parque de estacionamento, que deve ser reabilitado. Nesta zona verifica-se a instabilidade de arribas, pelo que a zona deverá estar sujeita a avaliação geotectónica nos acessos à praia.

Os movimentos de vertente são regulares nesta praia, um fenómeno importante para a evolução do relevo e que compromete a segurança dos utilizadores. São vários os tipos de movimento de vertente, que diferem, naturalmente, também da textura, litologia, da sua exposição, declives, uso do solo e drenagem. A estrutura da arriba pode indicar o quão sujeita está a movimentos de vertente, principalmente quando a direção da inclinação é quase a mesma à da exposição da arriba. É assim mais provável a ocorrência de movimentos chamados planares. Podem ainda ocorrer tombamentos e exsurgências (M. Duarte, 2016), devido também às águas provenientes das explorações agrícolas:

Os sistemas dunares em causa, apresentam um substrato móvel pouco rico em nutrientes, por estar constantemente sujeito à ação do vento e do mar. Supostamente, as espécies da flora distribuir-se-iam de acordo com estas condições. Contudo, com a forte intervenção do homem e a sua constante perturbação, houve uma destruição dos perfis que seriam considerados normais perante estas dinâmicas, encontrando-se estes atualmente dispersos e descaracterizados (M. Duarte, 2016).

Estes perfis teriam como aparência uma sequência geral, pelo que se passa a caracterizar as dunas. A duna primária ou duna branca com a escassez de nutrientes e pela proximidade do mar leva a uma colonização por plantas com rizoma capaz de suportar a salsugem; a duna secundária ou duna cinzenta onde a matéria orgânica e a água já permitem o surgimento de plantas arbustivas, e por fim a duna terciária ou duna castanha, caracterizada por solos mais ricos e que assim pode suportar associações de plantas arbustivas e arbóreas (M. Duarte, 2016).

Nas praias da Mexilhoeira e do Seixo não se encontram dunas primárias consolidadas, pois o avanço do mar e o próprio espaçamento do areal não o permite, encontrando-se apenas um sistema dunar de cobertura na arriba. Esta arriba tem uma altura significativa, conseguindo proteger-se em grande parte e fornecer sedimentos para que se instale vegetação em grande parte da área. A duna presente é considerada uma duna de cobertura por se encontrar no topo da falésia desenvolvendo-se para o interior, contudo, já não obtendo alimentação (M. Duarte, 2016). Estes sistemas foram antigas dunas de rampa que deixaram de ser alimentadas pela diminuição da dinâmica sedimentar, terminando com as rampas que eram formadas, acabando por ficar isoladas. Nem sempre se torna possível ver de forma clara estas dunas, visto que grande parte da área está coberta por culturas agrícolas (M. Duarte, 2016).

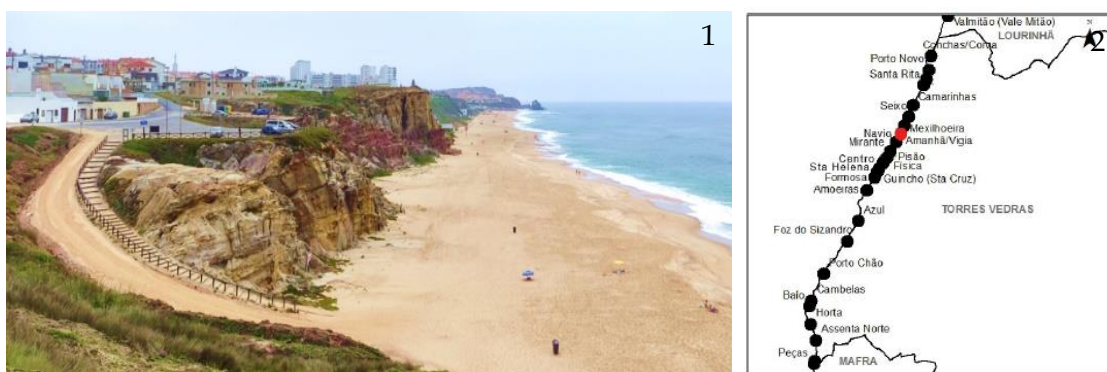


Figura 3.15 - 1) Praia da Vigia; 2) Localização da praia da Vigia.

Fontes: 1) torresvedrasantiga (2022); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.2.2.5 Navio

A praia do Navio, representada na Figura 3.16, é do tipo retilínea arenosa precedida por arribas, com a sua tipologia sendo urbana. Esta praia conta com um apoio de praia, mais concretamente o restaurante O Navio (do mesmo nome da praia). Esta praia não conta com infraestruturas cinzentas ou azuis, contando com duas infraestruturas verdes, sob a forma de dois passadiços de acesso à praia, um nas proximidades do restaurante e o outro no parque de estacionamento adjacente ao restaurante.

Da análise do POC, este restaurante está em condição de ser mantido nas condições atuais. Existe também um parque de estacionamento que poderá ser mantido, porém em alternativa este poderá ser realocado para a retaguarda, com vista a reduzir as vibrações e instabilidade na arriba. Esta medida aumentará a segurança de pessoas e bens, uma vez que as encostas da envolvente do estacionamento têm um elevado potencial de instabilidade, que pode ser atenuado com vegetação.



Figura 3.16 - 1) Praia do Navio; 2) Localização da praia do Navio. Fontes: 1) Playoceano (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.2.2.6 Mirante

A praia do Mirante, representada na Figura 3.17, é do tipo retilínea arenosa precedida por arribas, com a sua tipologia sendo urbana. Esta praia não conta com infraestruturas cinzentas, azuis ou verdes, com exceção de um passadiço para acesso à praia através da arriba (infraestrutura verde).

Da análise do POC, esta praia conta com um apoio de praia que deve ser mantido (Restaurante Mirante Santa Cruz), sendo aconselhável uma impermeabilização externa. Ainda no POC é possível ver dois parques de estacionamento que segundo este documento deverão ser mantidos. No entanto devido à sua envolvente se apresentar instável, estes podem ser realocados para a retaguarda como forma de manter um maior nível de segurança para os utilizadores. Devem também ser tidos em consideração o potencial de instabilidade de algumas vertentes nesta praia. Assim a vegetação pode ser uma solução interessante para este problema. Adicionalmente verifica-se a presença massificada de *Carpobrotus edulis* (choirão-das-praias), que deve ser combatida, para possibilitar a manutenção de espécies autóctones na área. É ainda de notar a presença de algumas casas na linha de máxima de preia-mar de águas vivas equinociais, pelo que sistemas de alerta e medidas de impermeabilização externa são recomendadas.



Figura 3.17 - 1) Praia do Mirante; 2) Localização da praia do Mirante.

Fontes: 1) Guia da Cidade (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019)

3.2.2.7 Pisão - Física

As praias do Pisão e Física são duas praias do tipo retilínea arenosa precedida por arribas e de tipologia urbana. Estas praias não contam com infraestruturas cinzentas ou azuis, no entanto contam com algumas infraestruturas verdes, na forma de escadas e passadiços para acesso e deslocamento pela praia, respetivamente.

Da análise do POC, é possível verificar que a praia do Pisão possui um apoio de praia completo que deve sofrer uma ligeira sobrelevação (Pisão Beach Club) e que a praia Física possui um equipamento com funções de apoio de praia que deve ser mantido (Plaj Beach Club), com cada zona contando com um parque de estacionamento, com o da praia Física

sendo o maior dos dois. No entanto estas infraestruturas estão em zonas instáveis e encontram-se dentro da zona limite do leito, pelo que devem ser realocizadas. Algumas casas encontram-se ainda na faixa de salvaguarda de terra de nível 2, pelo que a sua adaptação, como uma elevação de alvenaria e um sistema de alerta podem ser adaptações importantes para a sua proteção. Adicionalmente verifica-se ainda uma grande instabilidade de toda a zona de arriba, pelo que vegetação e sistemas de drenagem, bem como o reperfilamento podem ser indicados para minimizar o problema. Na Figura 3.18 pode visualizar-se a praia do Pisão.



Figura 3.18 - 1) Praia do Pisão; 2) Localização da praia do Pisão.

Fontes: 1) Guia da Cidade (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.2.2.8 Santa Cruz - Santa Helena - Guincho

A praia de Santa Cruz é do tipo retilínea arenosa precedida por arribas, a praia do Guincho é do tipo rochosa e arenosa precedida por arribas, e a praia de Santa Helena é do tipo retilínea arenosa precedida por arribas. Estas praias possuem tipologia urbana. Estas praias não apresentam infraestruturas cinzentas ou verdes, apresentando-se infraestruturas azuis, através do reperfilamento de arribas, com construção adicional de muros nas vertentes e zonas de acesso às praias bem conseguidas.

Da análise do POC, este conjunto de praias apresenta vários equipamentos e apoios de praia (11), que devem ser mantidos. Estes apoios de praia são de norte para sul, 6 para a praia de Santa Cruz, 2 para a praia de Santa Helena e 3 para a praia do Guincho. No entanto, alguns dos apoios de praia, encontram-se em zonas de arriba, pelo que a sua realocização pode ser importante como maneira de aumentar o nível de segurança da população. Adicionalmente verificam-se algumas habitações na faixa de salvaguarda para terra de nível 2, pelo que o risco a que estão expostas não é atualmente significativo.

É possível verificar que foram realizadas obras na praia de Santa Cruz (Santa Cruz Sul), com esta intervenção incidindo sobre duas praias localizadas na freguesia da Silveira, a Praia da Formosa e a Praia Azul. A intervenção procura dar resposta ao diagnóstico exaustivo efetuado, agindo sobre o restabelecimento de um equilíbrio entre a ação humana e o território natural (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2018a).

Do ponto de vista conceptual, a coexistência entre a mitigação dos fenómenos erosivos e a possibilidade de usufruto em segurança destes espaços, consubstanciam uma estratégia de ocupação, que muda o paradigma de ocupação que tem presidido às intervenções que infraestruturaram estes espaços, intervenções já degradadas ou pouco informadas, no caso da Praia Formosa, e avulsas, desregradas e insuficientes, no caso da Praia Azul (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2018a).

Assim, as linhas de atuação que conduzem a presente operação passam por: reabilitar e reforçar as infraestruturas de proteção existentes ineficazes e desadequadas; reverter, delimitar e regar as infraestruturas de circulação viária e pedonal nos sistemas de arriba e duna; criar condições de usufruto em segurança do domínio público marítimo, protegendo as pessoas e bens da queda de blocos e da ação do mar (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2018a). Na Figura 3.19 pode observar-se uma representação da praia de Santa Cruz.



Figura 3.19 - 1) Praia de Santa Cruz; 2) Localização da praia de Santa Cruz.

Fontes: 1) impulsivaddiction (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.2.2.9 Formosa

A praia Formosa é uma praia do tipo rochosa e arenosa precedida por arriba. Esta praia é de tipologia urbana. A conservação e requalificação da orla costeira da praia Formosa representou um investimento de 609.320,93€ (cofinanciado em 85% pelo Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso dos Recursos, Portugal2020 e União Europeia por intermédio do Fundo do Coesão). Esta obra insere-se na operação denominada “Proteção Costeira da Praia da Formosa e Praia Azul”, que conta com um investimento total elegível de 2.282.471,09€ (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2018b).

A obra realizada na Praia Formosa consistiu: na atuação na pressão antropogénica na faixa de risco e nos fatores hidrológicos de erosão (com a minimização da exposição de pessoas e bens em áreas de risco elevado, o que implicou o recuo da zona de acesso pedonal no limite poente da plataforma, tendo nesse âmbito sido remodelada a área de estacionamento; e o melhoramento da drenagem pluvial, reduzindo-se assim o efeito de erosão na praia causada pelos fatores hidrológicos). Na reabilitação e reforço das infraestruturas de proteção ao nível da praia (com a estabilização e reforço do muro de proteção à ação do mar; o redimensionamento dos degraus de acesso ao areal; e a impermeabilização e correção das pendentes

da plataforma com o intuito de resolver os problemas de drenagem superficial da mesma); e na aplicação de redes de encaminhamento à queda de blocos de forma a minimizar os riscos inerentes ao desprendimento de blocos instabilizados da arriba (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2018b).

Da análise do POC, é possível constatar que existem algumas habitações na faixa de salvaguarda de nível 2 para terra, pelo que o risco a que estão expostas não é atualmente significativo. Ainda através deste documento, é possível verificar que o parque de estacionamento já foi reabilitado e que um dos equipamentos com funções de apoio de praia (o Bar Formosa), deverá manter-se, no entanto a decisão pode alterar-se consoante se verifique uma mudança da linha de limite de leito. Tendo em conta as obras realizadas, podemos verificar que não existem infraestruturas verdes e azuis, mas que foram efetuadas obras na arriba, com a criação de sistemas de drenagem e impermeabilização de arribas, reperfilamento tendo ainda sido aplicado um sistema de malha hexagonal às arribas desta praia. Na Figura 3.20 pode observar-se uma representação da praia Formosa.



Figura 3.20 - 1) Praia Formosa; 2) Localização da praia Formosa. Fontes: 1) Guia da Cidade (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.2.2.10 Azul

A praia Azul é uma praia do tipo praia associada a dois sistemas dunares, que estão assentes em plataforma litoral em rampa, localizados em desembocaduras de rios ou sistemas de ribeiras e associados a dois largos vales, que permitem a progressão das dunas para o interior (a sul) e arenosa configurada por baía (a norte). Esta praia é de tipologia Periurbana.

A praia Azul foi intervencionada em 2019, com as obras incidindo em várias vertentes (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019b):

- Atuação sobre os fatores hidrológicos no topo da arriba, o que passou: pela construção de um coletor e poços de absorção para encaminhamento de águas pluviais; pela inversão de pendentes e fiadas de água; e pelo encerramento do acesso automóvel ao topo da arriba;
- Criação de condições de segurança no acesso norte à praia, o que passou: pela construção de um muro de espera à queda de blocos; pela regularização do caminho existente

por meio da estabilização do respetivo piso, que implicou a correção de zonas de pendente excessiva com sistemas de degraus rampeados, sendo também de referir a implantação de uma guarda de proteção e corrimão; e pela redução da pressão automóvel;

- Construção de uma estrutura de defesa aderente de proteção à ação do mar e de contenção à queda de blocos, o que passou: pela defesa efetiva, segura e duradoura da linha costeira em relação à ação do mar por meio de introdução de um pendente para dissipação da energia das ondas e de um sistema de enroncamento com blocos de dimensão adequada e fundados no bedrock; pela elevação da cota do topo da estrutura como medida de proteção à linha limite máxima da preia-mar atual e antecipando um cenário de subida do nível médio da água do mar; pela permeabilidade do sistema construtivo em blocos de pedra que permite que o sistema de defesa aderente funcione como filtro drenante contínuo às águas provenientes da arriba; pela criação de zonas de espera à queda de blocos e de uma vedação em madeira; e pela pedonalização da base da arriba a norte;
- Criação de condições de segurança no acesso sul à praia, o que passou: pela construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos e de uma outra vedação em madeira; pelo recuo e realinhamento do limite poente do caminho; pela diminuição da largura do espaço canal com redução do perfil do acesso automóvel, inviabilizando-se, ao automobilista comum, o estacionamento ao longo do caminho; e pela drenagem superficial da via mediante a aplicação de grelhas de enrelvamento;
- Aplicação de redes de encaminhamento à queda de blocos;
- Reperfilamento de arriba em troço de erosão elevada;
- Proteção do sistema dunar, o que passou: pela delimitação do estacionamento e acesso automóvel; e pelo estabelecimento de um sistema de acessos pedonais à praia que evite o pisoteio da duna primária.

A obra de proteção costeira da Praia Azul representou um investimento de 1.673.150 € cofinanciado em 85% pelo Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, do programa Portugal2020, mediante o Fundo de Coesão da União Europeia (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019b).

Da análise do POC verifica-se que na parte sul desta praia, existe uma grande probabilidade de galgamento e inundação, bem como de erosão. É ainda visível um complexo habitacional (Casal Varandinha), o Alojamento Praia Azul e um estabelecimento hoteleiro (Hotel Apartamento Praia Azul), nas zonas da faixa de salvaguarda de terra, nos níveis 1 e 2. Para as dunas, pode ser importante o uso de uma estratégia de recuperação dunar, com a construção de passadiços. Na Figura 3.21 podem ser verificadas algumas das intervenções já realizadas na praia Azul.



Figura 3.21 - Praia Azul (1 - Defesa Aderente, 2- Malha Metálica/Vegetação na arriba); 3 - Localização da praia Azul. Fontes: 1) e 2) Fotografias de Tiago Coelho (2024); 3) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

Nas arribas verifica-se a presença de um sistema de malha hexagonal, para minimizar efeitos provenientes da queda de blocos. Verifica-se ainda a presença de dois apoios de praia completos, com o primeiro (A casa dos Petiscos) devendo ser mantido, mas adaptado, por exemplo através da elevação do edifício e com o segundo relocado. Os parques de estacionamento deverão ser requalificados, com os acessos à praia definidos em função da localização dos apoios e do estacionamento. Adicionalmente verifica-se a proximidade a campos de cultivo, o que pode colocar em causa as culturas aí plantadas, devido à salinização de aquíferos. Para resolver estes problemas a praia Azul possui desde 2019 várias infraestruturas, desde cinzentas como a defesa aderente, para minimizar a erosão e o risco de galgamento e inundação atrás mencionado e *Nature-Based Solutions* (soluções naturais), como passadiços e vegetação, para diminuir o pisoteio das dunas e fixar as mesmas, como se pode observar na Figura 3.22.



Figura 3.22 - Diferentes Infraestruturas na praia Azul (1- Passadiço, 2 - Varandinha Bar). Fontes: 1) e 2) Fotografias de Tiago Coelho (2024).

3.2.2.11 Foz do Sizandro

A praia da Foz do Sizandro é do tipo totalmente rochosa (incluindo seixo rolado), com a sua tipologia sendo periurbana. Existe uma passagem por cima do rio Sizandro, que leva a uma faixa de areia para acesso à praia. Na praia da Foz do Sizandro não se verificam quaisquer infraestruturas cinzentas, verdes ou azuis, com exceção de um passadiço (infraestrutura verde) que liga esta praia à praia Azul.

Através do POC, é possível verificar que a linha limite do leito, irá chegar até ao rio Sizandro, o que prevê uma salinização do seu estuário para o futuro, com o recurso a barreiras costeiras podendo ser uma solução para a resolução deste problema. Existem 2 habitações e um apoio de praia completo (Acqua Beach Bar) que se encontram para lá da linha limite da margem, com o bar devendo ser elevado ou impermeabilizado externamente e com as habitações protegidas de possíveis instabilidades nas arribas, através da renaturalização das arribas com vegetação, a não ser que se trate de habitações ilegais, caso esse em que devem ser demolidas. Adicionalmente o parque de estacionamento deve ser requalificado, por exemplo através da utilização de sistemas de drenagem. Na Figura 3.23 pode ser observada uma representação da praia da Foz do Sizandro.

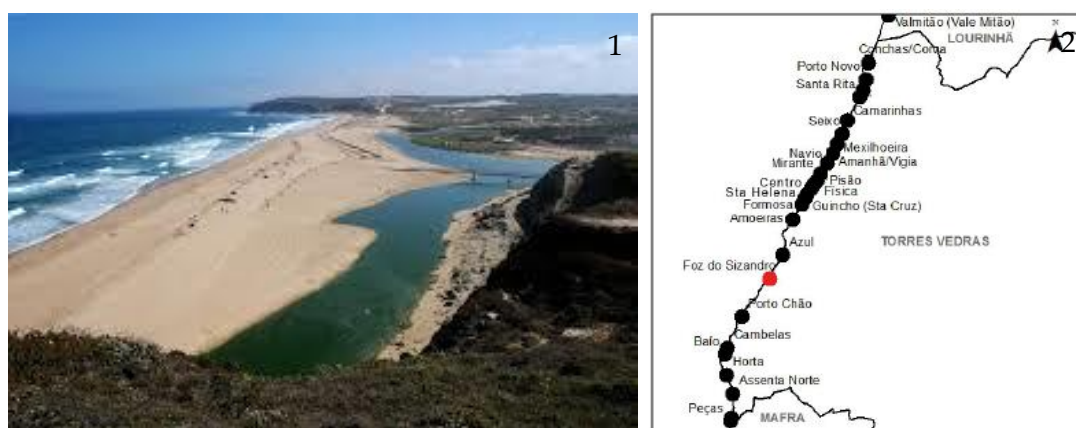


Figura 3.23 - 1) Praia da Foz do Sizandro; 2) Localização da praia da Foz do Sizandro.
Fontes: 1) Guia da Cidade (2024); 2) Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

3.3 Praias a Intervencionar

A escolha das praias a intervencionar é um processo que deve ter em conta vários aspetos, sejam estes as obras realizadas, os problemas verificados atualmente no litoral de Torres Vedras e os efeitos que as alterações climáticas esperam provocar no futuro. Neste sentido, importa ter em conta uma análise temporal. Utilizando os POC desta zona, é possível verificar os efeitos esperados a longo prazo, com as obras executadas podendo ser consultadas através da Câmara Municipal de Torres Vedras.

Assim, foi possível identificar que as praias que apresentam maior vulnerabilidade são as praias da Mexilhoeira e de Santa Rita. No entanto, a praia da Mexilhoeira foi já alvo de um estudo. Verificou-se ainda que apesar de a Praia de Santa Rita já ter sofrido intervenções, as mesmas não são consideradas suficientes devido aos efeitos esperados das alterações climáticas.

Para este caso de estudo, foi selecionada a praia de Santa Rita, uma vez que no futuro se perspetivam grandes níveis de erosão e de inundação principalmente na porção sul. Utilizou-se a praia Azul, como comparação para este trabalho, uma vez que esta praia foi intervencionada recentemente. Por sua vez, a praia Azul será também objeto de estudo no sentido de verificar se as medidas adotadas atualmente são adequadas para os efeitos provenientes das alterações climáticas no futuro. Os POC destas duas praias, retirados de Agência Portuguesa do Ambiente (2019), podem ser visualizados no Anexo 2.

4. Metodologia

A metodologia para esta dissertação assentou nos trabalhos desenvolvidos por Fábio Cardona (F. Cardona, 2015; F. S. Cardona et al., 2020) que estuda a perspetiva da análise de custo-benefício face às possíveis intervenções para as praias em estudo.

Para a realização deste estudo foram, primeiramente, calculados os custos para diferentes cenários de estratégias de defesa, por forma a auferir as possíveis alternativas para os sistemas praia-arriba e edifícios e infraestruturas da área em estudo. Os custos do atual cenário de proteção costeira, para ambas as praias em análise, foram comparados com os benefícios que estas praias fornecem, sendo possível concluir sobre a custo-eficácia das medidas em vigor, no caso de o valor proporcionado pelos benefícios ser superior ao valor representado pelos custos de intervenção.

A análise de custo-benefício é comumente utilizada para avaliar a viabilidade económica das intervenções de defesa costeira (F. S. Cardona et al., 2020). Assim, para o cálculo dos custos de estratégias de defesa, foram utilizados os dados para custos de manutenção de Roebbing et al. (2011), como se observa na Tabela 4.1, particularmente o custo de manutenção dos esporões e paredão (revestimento longitudinal), enquanto para a recuperação de dunas (proteção de areia), foram utilizados os dados de Maia, Bernardes e Alves (2015), retirados de Cardona (2015). Os valores para os Custos de Manutenção consideram obras realizadas de 5 em 5 anos (F. S. Cardona et al., 2020).

Tabela 4.1 - Custos de manutenção para estratégias de Defesa em 2014. Fonte: F. Cardona (2015).

Obra de Defesa	Custo de manutenção (€/m)
Esporão	2.709,30
Revestimento longitudinal	2.438,37
Proteção de areia	866,56

Assim foi desenvolvida a seguinte fórmula por F. S. Cardona et al. (2020):

$$Cd = \sum_{i=0}^n l \times Cm \times (1 + r)^i$$

Nesta fórmula, utilizada para obter os custos de manutenção (€) ao longo do tempo, n é o número total de períodos, Cd são os custos defensivos, l é o comprimento da infraestrutura, Cm são os custos de manutenção, r é a taxa de desconto e i é o tempo do fluxo (anos). Para este cálculo, a inflação de 3% foi considerada como taxa de desconto, adicionalmente neste cálculo, considera-se que as obras de manutenção necessárias serão realizadas a cada 5 anos (F. S. Cardona et al., 2020).

Na Figura 4.1, apresenta-se um esquema metodológico, que demonstra o processo seguido, para a obtenção dos benefícios e dos custos, ao longo desta dissertação.

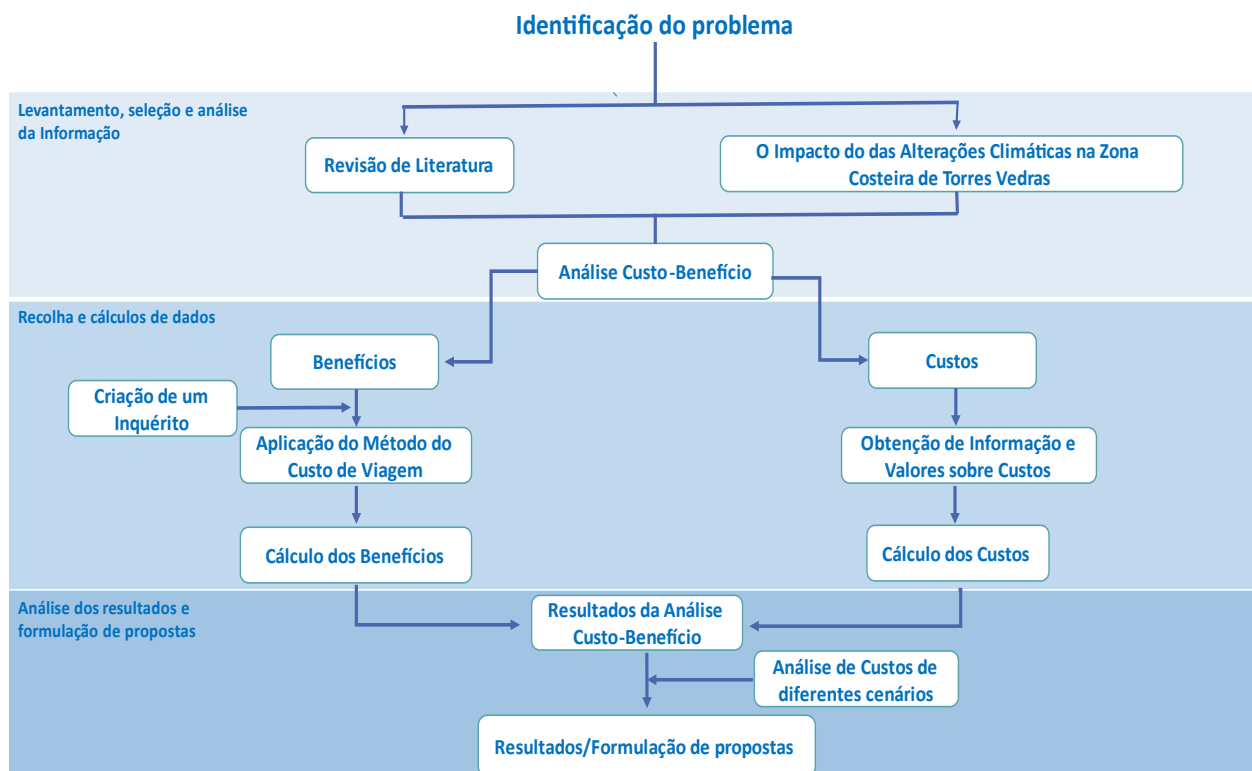


Figura 4.1 - Esquema Metodológico do Trabalho Realizado. Fonte: Produzido por Tiago Coelho (2024).

4.1 Estratégias e Opções de Adaptação para o Litoral de Torres Vedras

Uma vez definida a área em estudo, foi necessário verificar quais as Estratégias e Opções de Adaptação que melhor se adequam para resolver os problemas associados à erosão e subida do NMM no Litoral de Torres Vedras.

Estas medidas foram selecionadas, com base no historial de medidas implementadas pela Câmara Municipal de Torres Vedras para lidar com os problemas ao longo do tempo e com base em algumas soluções verificadas aquando da compilação da base teórica para este trabalho. Estas medidas serão divididas à sua aplicação em praias, arribas, edifícios, infraestruturas e relocalização. Importa referir que este subcapítulo será um resumo das melhores medidas a aplicar no território concelhio de Torres Vedras, com as explicações mais detalhadas sobre as mesmas, estando presentes no capítulo 2 (Enquadramento).

Pode assim observar-se que as melhores estratégias e opções de adaptação para praias, passam pela colocação de passadiços sobrelevados, plantação de vegetação nativa e combate a espécies invasoras (como *Carpobrotus edulis*), paliçadas, e barreiras de proteção costeira (para a proteção de rios). Verificam-se ainda casos em que foi utilizada a defesa aderente, para a proteção costeira. No que refere a adição de sedimentos, pode ser feita uma recuperação dunar (para facilitar a fixação dos mesmos) ou ser utilizadas técnicas inovadoras como a alimentação de praia ou o motor de areia.

No que refere as arribas, podem ser aplicadas várias medidas, com vista a reduzir a sua instabilidade e minimizar a quedas de blocos. Alguns exemplos são a utilização de sistemas de malha hexagonal, saneamento de blocos, reperfilamento, sistemas de drenagem (para impedir a formação de fissuras pela água nas arribas) e impermeabilização das arribas (como forma de conduzir a água para sistemas adequados), pode ainda ser aplicada vegetação, como forma de fixação da arriba e com o potencial de embelezar o local.

Relativamente aos edifícios verificam-se que as melhores estratégias a adotar podem variar, dependendo se o problema se assume na forma de inundação ou na forma de instabilidade. Assim caso o problema se materialize na forma de inundação, as medidas mais aconselháveis são a impermeabilização externa, elevação em alvenaria, sobrelevação de edifícios, com sistemas de alerta podendo ser cruciais, para a eficácia destas medidas. No caso de o problema se materializar na forma de instabilidade das arribas, medidas como a renaturalização de arribas e o reperfilamento podem ser as medidas mais indicadas.

É ainda importante reconhecer que para uma gestão adequada das zonas costeiras, é necessário que outras infraestruturas, como parques de estacionamento, estejam corretamente posicionados no terreno e que estejam adaptados a possíveis problemas que possam surgir (como a construção de sistemas de drenagem, para minimizar os efeitos de inundações). Para além destas estratégias, é ainda possível equacionar como forma de aumentar a segurança de pessoas e bens, a estratégia de realocização para edifícios, bens e pessoas.

4.2 Aplicação da metodologia de Custo-Benefício em Torres Vedras

4.2.1 Cálculo dos Custos

Com a análise dos custos de implementação de obras costeiras, pretende-se formular propostas de intervenção para as praias em estudo. Para este efeito, observaram-se inicialmente as intervenções já realizadas na praia Azul e que poderiam ser hipoteticamente aplicadas à praia de Santa Rita. Foram identificados os possíveis cenários:

Praia

- Infraestrutura Cinzenta (Defesa Aderente/Paredão) – Solução Atual;
- Infraestrutura Cinzenta (Defesa Aderente/Paredão) – com Adaptação às Alterações Climáticas;
- Renaturalização do Espaço (retirando a Defesa Aderente e aplicando uma estratégia de Restauro Dunar);
- Naturalização inicial – Aplicação inicial de uma estratégia de Restauro Dunar;
- Aplicação de Alimentação Artificial (em toda a praia ou em parte).

Arriba

- Obra atual da arriba (coletor, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento, muro de espera e suporte à queda de blocos, rede de encaminhamento à queda de blocos);

- Cimentação da arriba;
- Deixar a arriba sem intervenção (nua), ou só com sinalética (não realização de obras);
- Estabilização da arriba com Vegetação.

A determinação dos custos de construção e manutenção das obras a desenvolver poderão ser executadas de duas formas distintas para diminuir a incerteza associada à fase de pré-dimensionamento das intervenções (Novo Pombo et al., 2021):

- 1) Estimativa orçamental através do custo unitário dos materiais e dimensão da obra;
- 2) Estimativa orçamental por comparação com obras semelhantes, utilizado para verificar a concordância com os resultados obtidos.

Os custos totais associados à obra incluem os custos de investimento inicial e os custos recorrentes de manutenção e reabilitação. Com esta abordagem é possível cobrir a incerteza de estimativa de custos de construção em fase de pré-dimensionamento, onde são inúmeras as variáveis ainda por definir (nomeadamente, materiais de construção, equipas de trabalho, máquinas e equipamentos, entre outros fatores que influenciam o próprio planeamento da obra).

Os preços foram convertidos para os valores de 2024 (junho), quando não se encontraram valores atualizados para 2024 utilizando como base o índice de preço no consumidor do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024).

4.2.1.1 Praia Azul - Dunas / Areal

Para avaliar os vários cenários de intervenção para as dunas/areal da praia Azul, foi utilizado neste capítulo uma estimativa orçamental através do custo unitário dos materiais e dimensão da obra. Foram avaliados diversos cenários que englobaram as estratégias de Defesa Aderente (Paredão), Recuperação Dunar e Alimentação Artificial. Os preços para a implementação destas estratégias (investimento inicial e manutenção), bem como as suas conversões a valores atuais, podem ser observados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Custos de Investimento Inicial e de Manutenção para as várias estratégias de proteção dunar.
Fontes: APA (2005) e Roebling, Coelho, & Reis (2011)

Nome	Investimento Inicial (€) (ano)	Manutenção (€) (ano)	Investimento Inicial (€) (2024)	Manutenção (€) (2024)
Defesa Aderente (ou Paredão)	8000 €/m (2011)	1800 €/m (2011)	10009,80 €/m	2252,20 €/m
Recuperação Dunar	2,50 €/m ² (2002)	_____	3,81 €/m ²	_____
Alimentação Artificial	6 €/m ³ (2011)	_____	7,51 €/m ³	_____

Os preços foram convertidos utilizando os valores de 2002 (junho) e de 2011 (junho) para os valores de 2024 (junho), utilizando como base o índice de preço no consumidor do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024). Os valores para a realização do cálculo dos custos foram obtidos a partir de Agência Portuguesa do Ambiente (Agência Portuguesa do Ambiente, 2005) para a recuperação dunar e de Roebeling, Coelho, & Reis, retirados de Cardona (2015), para a defesa aderente (ou paredão) e alimentação artificial. Para este trabalho foi considerado que obras de manutenção são feitas de 5 em 5 anos e que as obras de defesa costeira possuem uma vida útil de 40 anos. Adicionalmente, através do Google Earth Pro foi considerado que a praia de Santa Rita, tem aproximadamente 142000 m², que a Praia Azul tem aproximadamente 127300 m², e que o paredão existente na Praia Azul em Torres Vedras, tem uma área aproximada de 1161 m². Foi ainda considerado que a demolição da infraestrutura por m³ deste paredão será de 175,09 € (CYPE Ingenieros).

Cenário 1 – Construção do Paredão na Praia Azul

Considerou-se a necessidade de construção de um paredão na praia Azul, com formato retangular e dimensões de 201 m x 6,91 m x 5,72 m com uma vida útil de 40 anos, com a realização de obras de manutenção de 5 em 5 anos. Considerou-se ainda o preço por metro de paredão de 10009,80 € (F. Cardona, 2015).

Por sua vez os custos de manutenção, serão obtidos através da fórmula desenvolvida por Cardona et al. (2020):

$$Cd = \sum_{i=0}^n l \times Cm \times (1 + r)^i$$

Cenário 2 – Adaptação do Paredão da Praia Azul às Alterações Climáticas

Uma obra de defesa aderente engloba vários fatores segundo Bessa (2012), porém considerando que apenas se altera o cenário de subida do NMM, e que até ao ano 2100, é esperada uma subida máxima do NMM de 1,20 m (Comunidade Intermunicipal do Oeste, 2018a), esta seria a altura a que a obra deveria ser elevada.

A estrutura de defesa aderente atual já se encontra preparada para o aumento da frequência de eventos extremos como tempestades e para eventos de subida da água do mar, pelo que não é necessário elevar a mesma (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019b). No entanto, se fosse necessário sobrelevar esta estrutura, considerar-se-ia o cálculo do volume para um paredão com 1,2 metros de altura e área de 1161 m², e com o preço de 1 m³ de betão armado de 100 € (CYPE Ingenieros, 2024).

No entanto uma vez que a estrutura necessita de estabilidade, será necessário também, redimensionar a proteção do talude, bem como o pé do talude em 2 metros, uma vez que se considerará a altura máxima da onda como 1 metro, e que segundo Bessa (2012) estas condições podem ocorrer quando a profundidade de água na risberma é menor do que duas vezes a altura de onda máxima esperada para a profundidade de água.

Tendo o paredão uma proteção em betão armado, com o formato aproximado de um paralelepípedo triangular, considera-se um aumento da proteção de 5,72 metros de altura

para 6,92 metros (aproximadamente 7 metros). Foi ainda considerando que a estrutura será feita em betão armado (muro), e que o preço do m³ de betão armado é de 319,46 € (CYPE Enginieros, 2024).

Cenário 3 – Demolição do Paredão e substituição do mesmo por uma estratégia de Restauro Dunar na Praia Azul

Para demolir a infraestrutura de paredão, são necessários 175,09 € para demolir cada m³ de paredão (CYPE Enginieros, 2024), considerando que o mesmo foi construído em betão armado, sendo ainda considerado que o paredão ocupa um volume de 6641 m³.

De seguida é possível estimar que o sistema dunar a proteger na Praia Azul tem uma área de 145.210 m² e que por m² de terreno se estima gastar 3,81 € para a adoção de uma estratégia de restauro dunar.

Cenário 4 – Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar (inicialmente) na Praia Azul

Uma estratégia que pode auxiliar no restauro dunar é a vegetação. Algumas plantas que podem auxiliar no restauro dunar são: *Elymus farctus* (Fenos-das-areias) e *Eryngium maritimum* (Cardo Marítimo) para a duna primária; *Pancratium maritimum* (Narciso-das-areias) e *Artemisia campestris* marítima (Madorneira) para a duna secundária; *Corema album* (Camarinha) e *Juniperus phoenicea* (Sabina-das-areias) para a duna terciária, bem como a *Ammophila arenaria* ao longo de toda a extensão da duna.

Em alternativa pode também ser adotado um sistema de paliçadas.

Reutilizando o cenário 3, verifica-se que as dunas da Praia Azul, têm aproximadamente uma área de 145.210 m², e na intervenção de restauro dunar se pretende gastar 3,81 €/m² (Agência Portuguesa do Ambiente, 2005).

Cenário 5 – Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia Azul

Esta alternativa conta com a utilização de duas intervenções, nomeadamente restauro dunar e alimentação artificial.

Para este cenário serão analisadas as hipóteses de intervenção com Alimentação Artificial, cobrindo esta uma percentagem de 100%, 50%, 20% ou 10% das dunas com a restante percentagem, completada por Restauro Dunar. Prevê-se que o custo por m³, de intervenção com Alimentação Artificial é de 7,51 € (F. Cardona, 2015) e o Restauro Dunar, possui um custo de 3,81 € por m² (Agência Portuguesa do Ambiente, 2005).

4.2.1.2 Praia Azul - Arriba

Para avaliar os vários cenários de intervenção para as arribas da praia Azul, foi utilizado neste capítulo uma estimativa orçamental através do custo unitário dos materiais e dimensão da obra.

Para as arribas, foram avaliados vários cenários que englobaram a estratégia atual de proteção da arriba, a cimentação da arriba, a proteção da arriba apenas com sinalética e a

estabilização da arriba com vegetação. Os preços para a implementação destas estratégias (investimento inicial), bem como as suas conversões a valores atuais, podem ser observados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Custos de Investimento Inicial para medidas de proteção das arribas. Fonte: Vieira (2018).

Nome	Investimento Inicial (€) (ano)	Investimento Inicial (€) (2024)
Cimentação da arriba (betão armado)	700 €/m ³ (2018)	817,55 €/m ³
Cimentação da arriba (alvenaria argamassada)	400 €/m ³ (2018)	467,17 €/m ³
Rede Metálica	50 €/m ² (2018)	58,40 €/m ²

Os preços apresentados foram convertidos utilizando os valores de 2018 (maio) para os valores de 2024 (junho), utilizando como base o índice de preço no consumidor do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024). Os valores foram obtidos a partir de Vieira, (2018). Os restantes valores, foram obtidos através do site CYPES Enginieros.

Cenário 6 - Obra atual da arriba (Praia Azul)

A obra atual da arriba na Praia Azul em Torres Vedras, compreende coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento, a construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos, e aplicação de uma rede de encaminhamento à queda de blocos. Assim, é importante atribuir um preço a cada uma destas componentes e verificar a quantidade necessária de cada uma delas (Câmara Municipal de Cascais, 2010; CYPE Enginieros, 2024):

- Coletor (de PVC): 50,09 €/m
- Poços de Absorção: 58,20 €/m²
- Inversão de Pendentes: 41,41 €/m
- Reperfilamento: 8,00 €/m³ (junho de 2010) utilizando como base o índice de preço no consumidor do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024) o valor para junho de 2024 é de 10,35 €/m³
- Muro de Espera e Suporte à Queda de Blocos: 91,83 €/m
- Rede de Encaminhamento à Queda de Blocos (Metálica): 58,40 €/m²

As fontes de água mais próximas devem ficar a mais de 50 metros de modo a prevenir a sua contaminação (Guerreiro, 2013), pelo que as distâncias de 50 metros para coletores, poços de absorção e inversões de pendentes deverão ser aplicadas. Observou-se ainda que a arriba tem uma altura de 30 metros (em 90% da sua extensão) e de 15 metros (em 10% da sua extensão) e uma área de aproximadamente 8691 m² (valores obtidos com Google Earth Pro).

Cenário 7 - Cimentação da arriba na Praia Azul

A espessura adotada para a parede de betão armado numa obra de cimentação deve ser igual à medida dos blocos, após o saneamento. Para este caso, será considerada uma dimensão de 50 cm. Serão desenvolvidos cálculos para duas opções, um primeiro (opção 1) com 50 cm (0,50 m) de betão armado e um segundo (opção 2) com uma mistura de 20 cm (0,20 m) de betão armado e 30 cm (0,30 m) de alvenaria argamassada (Vieira, 2018).

Através do Google Earth Pro, foi possível estimar a dimensão desta obra, numa área com 8691 m².

Cenário 8 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia Azul

Para calcular o custo de deixar a arriba sem intervenção, e considerando apenas o custo da sinalética de aviso, é necessário considerar alguns aspetos, nomeadamente, a distância entre sinais de perigo de arriba/derrocada e o comprimento da arriba.

Para este cenário, foi considerada uma distância entre sinais de 50 metros e que a arriba da Praia Azul, tem um comprimento de 542 metros. Assim, verifica-se que deveriam ser instalados 11 sinais, cujo custo é de 343,03 € por sinal e de 92,96 € para o custo de manutenção decenal nos primeiros 10 anos. Este valor foi retirado do site CYPE Ingenieros (2024), considerando sinais do tipo sinal de aço galvanizado, retangular, com dimensões de 120 cm x 180 cm, com retro-reflexão nível 1 (E. G.).

Cenário 9 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia Azul

Para a estabilização de arribas, com recurso a vegetação, é crucial escolher plantas que sejam nativas da região e adaptadas às condições costeiras, incluindo exposição ao vento, salinidade e solos pobres.

Considerando que a arriba em questão possui 8691 m², e se pretende alcançar uma densidade de 2 plantas por m² (ehamptonny.gov, 2024), importa numa primeira instância definir o número de plantas e a sua distribuição (em %). Seguidamente serão calculados os custos por planta e os custos totais. O número de plantas necessárias para esta área é de 17382 plantas. As plantas escolhidas foram selecionadas de acordo com o trabalho desenvolvido por Duarte, (2016).

Plantas a utilizar, preços por pé de planta e distribuição pela arriba:

- *Ulex europaeus* (Tojo) – 4,65 € (planfor, 2024) – 25%
- *Frankenia laevis* – 4,55 € (planfor, 2024) - 10%
- *Crithmum maritimum* (perrexil-do-mar, funcho-do-mar) – 6,02 € (jardimseco, 2024)– 15%
- *Armeria welwistchii* subsp. cinérea (erva-divina) – 6,90 € (promessedefleurs, 2024) – 20%
- *Helichrysum decumbens* (helicriso) – 6,50 € (planfor, 2024) - 30%

4.2.1.3 Praia de Santa Rita – Dunas/Areal

Para avaliar os vários cenários de intervenção para as dunas/areal da praia de Santa Rita, foi utilizado neste capítulo uma estimativa orçamental através do custo unitário dos materiais e dimensão da obra. Foram apenas considerados alguns dos cenários anteriores de proteção de praia, nomeadamente a defesa aderente, o restauro dunar e alimentação artificial. Para a arriba foram consideradas as estratégias de cimentação, sinalização (apenas) e vegetação e ainda uma replicação da obra de proteção da Arriba da praia Azul.

Cenário 10 – Construção do Paredão na Praia de Santa Rita

Aplicando um cenário semelhante ao da praia Azul para a praia de Santa Rita, foi considerada uma vida útil de 40 anos para um hipotético paredão com a realização de obras de manutenção de 5 em 5 anos, e que o paredão deveria assumir um formato retangular com dimensões de 682 m x 6,91 m x 7 m. O preço por metro de paredão é de 10009,80 € (F. Cardona, 2015).

Por sua vez os custos de manutenção, foram obtidos através da fórmula desenvolvida por Cardona, (2020):

$$Cd = \sum_{i=0}^n l \times Cm \times (1 + r)^i$$

Cenário 11 – Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar na Praia de Santa Rita

Algumas plantas que podem auxiliar no restauro dunar são *Elymus farctus* (Fenos-das-areias) e *Eryngium maritimum* (Cardo Marítimo) para a duna primária, *Pancratium maritimum* (Narciso-das-areias) e *Artemisia campestris* marítima (Madorneira) para a duna secundária, *Corema album* (Camarinha) e *Juniperus phoenicea* (Sabina-das-areias) para a duna terciária, bem como a *Ammophila arenaria* ao longo de toda a extensão da duna. Outra estratégia a considerar, para além do uso de vegetação é ainda o uso de um sistema de paliçadas. Adicionalmente é possível observar que as dunas da Praia de Santa Rita, têm aproximadamente uma área de 41.509 m².

Cenário 12 – Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia de Santa Rita

Esta alternativa conta com a utilização de duas intervenções, nomeadamente restauro dunar e alimentação artificial.

Para este cenário serão analisadas as hipóteses de intervenção com Alimentação Artificial, cobrindo esta uma percentagem de 100%, 50%, 20% ou 10% das dunas com a restante percentagem completada por Restauro Dunar. Estimou-se que o custo por m³, de intervenção com Alimentação Artificial é de 7,51 € (F. Cardona, 2015) e que o Restauro Dunar, possui um custo de 3,81 € por m² (Agência Portuguesa do Ambiente, 2005).

4.2.1.4 Praia de Santa Rita - Arriba

Para avaliar os vários cenários de intervenção para as arribas da praia de Santa Rita, foi utilizado neste capítulo uma estimativa orçamental através do custo unitário dos materiais e dimensão da obra.

Para as arribas, foram avaliados vários cenários que englobaram a estratégia de proteção da arriba (replicando a estratégia aplicada na praia Azul), a cimentação da arriba, a proteção da arriba apenas com sinalética e a estabilização da arriba com vegetação.

Cenário 13 - Obra da arriba para a Praia de Santa Rita (replicando a obra da arriba da Praia Azul)

Para se replicar a obra da arriba da praia Azul, na praia de Santa Rita, seriam necessários coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento, a construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos, e a aplicação de uma rede de encaminhamento à queda de blocos. É importante atribuir um preço a cada uma destas componentes e verificar a quantidade necessária de cada uma delas, reutilizando os dados anteriores (Câmara Municipal de Cascais, 2010; CYPE Ingenieros, 2024):

- Coletor (de PVC): 50,09 €/m
- Poços de Absorção: 58,20 €/m²
- Inversão de Pendentes: 41,41 €/m
- Reperfilamento: 8,00 €/m³ (junho de 2010) utilizando como base o índice de preço no consumidor do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024) o valor em junho de 2024 é de 10,35 €/m³
- Muro de Espera e Suporte à Queda de Blocos: 91,83 €/m
- Rede de Encaminhamento à Queda de Blocos (Metálica): 58,40 €/m²

As fontes de água mais próximas devem ficar a mais de 50 metros de modo a prevenir a sua contaminação (Guerreiro, 2013), pelo que as distâncias de 50 metros para coletores, poços de absorção e inversões de pendentes serão aplicadas.

Sabendo que a arriba tem uma área de aproximadamente 59198 m² (dividida em dois espaços diferentes, um com 13892 m² e um segundo com 45306 m²) e que apresenta um comprimento de 1394 m (dividida em dois espaços diferentes, um com 277 m e outro com 1117 m), e apresentando a arriba uma altura média de 50 metros.

Cenário 14 - Cimentação da arriba na Praia de Santa Rita

A espessura adotada para a parede de betão armado, na hipotética obra de cimentação referida deve ser igual à medida dos blocos, após o saneamento. Para este caso, será considerada uma dimensão de 50 cm. Foram de forma semelhante ao cenário 7 igualmente desenvolvidos cálculos para 2 cenários, um primeiro (opção 1) com 50 cm (0,50 m) de betão armado e um segundo (opção 2) com uma mistura de 20 cm (0,20 m) de betão armado e 30 cm (0,30 m) de alvenaria argamassada (Vieira, 2018).

Cenário 15 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia de Santa Rita

Para calcular o custo de deixar a arriba sem intervenção, e considerando apenas o custo da sinalética de aviso, é necessário considerar alguns aspetos, nomeadamente, a distância entre sinais de perigo de arriba/derrocada e o comprimento da arriba.

Para este cenário, será considerada uma distância entre sinais de 50 metros e que para as arribas da Praia de Santa Rita, se tem um comprimento de 277 metros para a arriba 1 e 1117 metros para a arriba 2. Será utilizado o mesmo tipo de sinal do cenário 8, com um custo de 343,03 € por sinal e 92,96 € para o custo de manutenção decenal nos primeiros 10 anos, com os valores sendo retirados do site CYPE Ingenieros (2024), para sinais do tipo sinal de aço galvanizado, retangular, com dimensões de 120 cm x 180 cm, com retro-reflexão nível 1 (E. G.).

Cenário 16 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia de Santa Rita

Para a estabilização de arribas, com recurso a vegetação, é crucial escolher plantas que sejam nativas da região e adaptadas às condições costeiras, incluindo exposição ao vento, salinidade e solos pobres.

Considerando que as medidas são para a arriba 1 - 13892 m² e para a arriba 2 - 45306 m², e se pretende alcançar uma densidade de 2 plantas por m² (ehamptonny.gov, 2024), importa inicialmente definir o número de plantas e a sua distribuição (em %). Verifica-se que o número de plantas é de 27784 plantas para a arriba 1 e de 90612 plantas para a arriba 2. As plantas escolhidas foram selecionadas de acordo com o trabalho desenvolvido por Duarte (2016). As plantas a utilizar, preços por pé de planta e distribuição pela arriba são:

- *Ulex europaeus* (Tojo) – 4,65 € (planfor, 2024) – 25%
- *Frankenia laevis* – 4,55 € (planfor, 2024) – 10%
- *Crithmum maritimum* (perrexil-do-mar, funcho-do-mar) – 6,02 € (jardimseco, 2024) – 15%
- *Armeria welwistchii* subsp. cinérea (erva-divina) – 6,90 € (promessedefleurs, 2024) – 20%
- *Helichrysum decumbens* (helicriso) – 6,50 € (planfor, 2024) – 30%

4.2.2 Cálculo dos Benefícios

Para este trabalho será aplicada a abordagem de custo de viagem zonal para o cálculo dos benefícios, para a situação atual verificada nas praias em estudo. Esta é a abordagem mais simples e menos dispendiosa (Ecosystem Valuation, 2024). O método de custo de viagem zonal é aplicado através da recolha de informações sobre o número de visitas ao local, em diferentes distâncias. Como os custos de viagem e tempo aumentarão com a distância, esta informação permite calcular o número de visitas “compradas” a diferentes “preços” (Ecosystem Valuation, 2024). Esta informação é usada para construir a curva de procura para o local, e estimar o excedente do consumidor, ou os benefícios económicos, para os serviços recreativos do local. A aplicação deste método consiste na execução de 7 etapas principais (Ecosystem Valuation, 2024):

Etapas 1: Definir um conjunto de zonas ao redor do local. Estas zonas podem ser definidas por círculos concêntricos ao redor do local ou por divisões geográficas que façam sentido, como áreas metropolitanas ou outras divisões geográficas que circundam o local a distâncias diferentes.

Etapas 2: Recolher informação sobre o número de visitantes de cada zona e o número de visitas realizadas no último ano sendo necessário o acesso a dados de todos os utilizadores para as praias em questão, para a execução dos cálculos.

Etapas 3: Calcular as taxas de visita por 1000 habitantes em cada zona. Este é o total de visitas por ano da zona, dividido pela população da zona em milhares.

Etapas 4: Calcular a distância média de viagem de ida e o tempo de viagem até o local para cada zona. Supõe-se que as pessoas na Zona 0 tenham distância e tempo de viagem zero. Cada outra zona terá um tempo e distância de viagem crescentes. Em seguida, usando o custo médio por quilómetro e por hora de viagem, pode calcular-se o custo de cada viagem.

Etapas 5: Estimar, através de uma análise de regressão, a equação que relaciona as visitas per capita aos custos de viagem e outras variáveis importantes. A partir destes dados, é possível estimar a função de procura para o visitante médio. Neste modelo, a análise pode incluir variáveis demográficas, como idade, rendimento, género e níveis de escolaridade, utilizando os valores médios de cada zona. Para manter o modelo o mais simples possível, a equação foi calculada apenas com o custo de viagem e visitas/1000.

Etapas 6: Construir a função de procura por visitas ao local, utilizando os resultados da análise de regressão. O primeiro ponto na curva de procura é o total de visitantes do local com os custos atuais de acesso assumindo que não há taxa de entrada para o local. Os outros pontos são encontrados estimando-se o número de visitantes com diferentes taxas de entrada hipotéticas assumindo que uma taxa de entrada é vista da mesma forma que os custos de viagem.

Etapas 7: Estimar o benefício económico total do local para os visitantes, calculando o excedente do consumidor, ou a área sob a curva da procura.

Com a análise de benefícios pretendeu-se estudar o valor representado pelos sistemas costeiros da praia Azul e da praia de Santa Rita de forma a justificar a necessidade das obras nas praias.

Para realizar a análise de benefícios foi desenvolvido um inquérito (Anexo 6), com vista à obtenção de dados que permitiram verificar o custo de viagem dos visitantes para as praias mencionadas. De seguida foi realizada a recolha de dados junto dos visitantes das praias. A recolha de dados foi realizada de duas formas, em formato presencial (com a recolha de informação junto de banhistas, nadadores-salvadores e empregados de restauração) e em formato online.

Para a elaboração do inquérito estruturou-se uma divisão dos inquiridos por zonas, tendo em conta o seu concelho de residência permanente.

Para realizar os cálculos dos benefícios seria ideal ter acesso aos dados de todos os utilizadores das praias em questão (Ecosystem Valuation, 2024), no entanto uma vez que tal

não é possível, foi realizada uma estimativa para perceber a ordem de grandeza de utilizadores para ambas as praias. Esta estimativa foi realizada atendendo a que no concelho de Torres Vedras, a praia Azul apresenta capacidade para 3.400 pessoas e as praias Santa Rita Norte e Santa Rita Sul, apresentam cada uma capacidade para 2.800 pessoas, totalizando 5.600 pessoas (torresvedrasweb.pt). Foi ainda considerado para a realização dos cálculos que os visitantes vão às praias apenas na época balnear, perfazendo esta 90 dias e que as praias apresentam cerca de 1/3 de lotação.

Posteriormente, foi importante verificar o número de pessoas por concelho que visitam cada praia, bem como o número de visitas que cada pessoa realiza, e o seu total por concelho. De seguida foi feita a proporção para perceber o número total de visitas por concelho a cada praia, utilizando o número de visitas estimado anteriormente. Por fim calculou-se o total de visitas por cada 1000 habitantes por concelho. Para esta análise, optou-se por dividir o número de visitas de cada utilizador que frequenta ambas as praias, de forma igual pela praia Azul e pela praia de Santa Rita. É de notar ainda que foram utilizados valores médios em cada parâmetro.

Após estes cálculos procurou-se analisar o custo médio de viagem para cada zona sendo considerados os valores médios para o tempo da deslocação, número de km percorridos, e os respetivos valores monetários, bem como o valor gasto com outros custos de viagens e alojamento turístico. Estes valores foram igualmente distribuídos por concelho e praia. Para esta etapa os valores dos utilizadores que responderam ambas as praias, foram considerados na totalidade e iguais, independentemente da praia em questão.

Para este caso de estudo, foi ainda considerado que o valor do custo padrão por km percorrido por automóvel é de 0,39 €/km (homepagejuridica, 2017), com o custo de tempo, sendo utilizado por minuto, e representado pelo valor médio das respostas dos inquiridos.

Seguidamente realizou-se uma análise de regressão linear, considerando os concelhos mais representativos (58% dos inquiridos), uma vez que é destes concelhos que são originários a maior parte dos visitantes.

Para obter o número de visitas, a diferentes preços para cada uma das praias, utilizou-se a reta de regressão linear calculada, aumentando o custo de acesso às praias em 10 €, 20 €, 30 €, 40 €, 50 €, obtendo-se assim os pontos que fornecem a curva de procura por visitas ao local (Ecosystem Valuation, 2024).

Por fim, foi calculado o integral das curvas de procura obtidas, aproximando as áreas da função à área de um triângulo, com o resultado obtido sendo o valor atribuído aos serviços de ecossistemas das praias em questão, fornecendo o valor atual dos ecossistemas em estudo. Verifica-se ainda que os ecossistemas costeiros em estudo podem ainda apresentar a possibilidade de valorizar consoante o grau de naturalização ou artificialização, que fará os inquiridos visitá-los mais ou menos vezes.

5. Resultados e Discussão

5.1 Resultados do Inquérito

Neste subcapítulo serão analisadas as 140 respostas obtidas no inquérito, realizado durante o mês de agosto de 2024. No Anexo 5, podem ser consultados dados adicionais deste inquérito.

A primeira parte deste inquérito procurou conhecer os inquiridos, com perguntas sobre a sua faixa etária, género, nível de escolaridade e nacionalidade, bem como qual/quais as praias em estudo frequentadas. Este inquérito foi aplicado a pessoas de todas as faixas etárias, com os três maiores grupos etários sendo, respetivamente, as idades de 45 – 54, de 18 – 24 e de 55 – 64, como se representa na Figura 5.1.

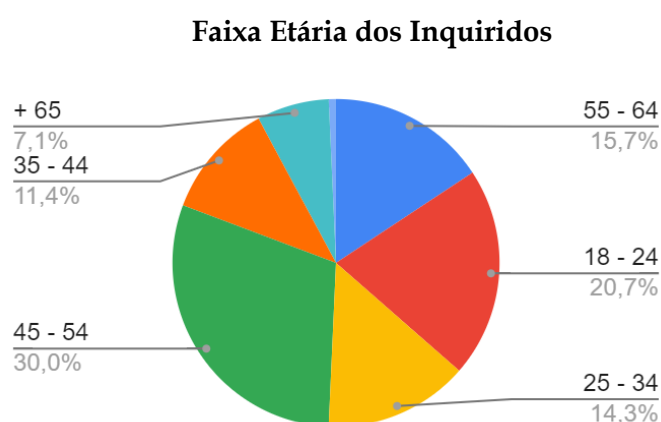


Figura 5.1 - Divisão dos inquiridos segundo a sua faixa etária

De igual forma, verificou-se que um número semelhante de homens e mulheres responderam ao inquérito. Relativamente ao nível de educação dos inquiridos, representado na Figura 5.2 verificou-se que mais de 50% dos inquiridos é licenciado, com a maioria dos restantes inquiridos possuindo um mestrado, ou tendo um nível de educação igual ou equivalente ao 12º ano.

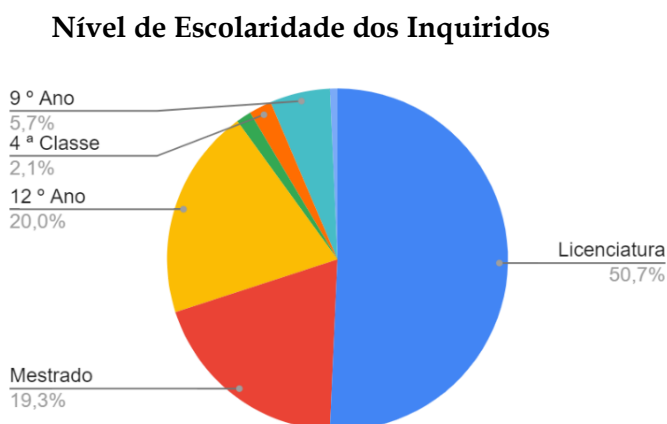


Figura 5.2 - Divisão dos inquiridos segundo o seu nível de escolaridade

Verificou-se ainda que a maior parte dos inquiridos são de nacionalidade portuguesa, com exceção de 9, cujas nacionalidades se dividem em alemã, espanhola, colombiana, russa, moldava e brasileira.

Da análise das respostas ao inquérito foi possível constatar que cerca de 42,1% dos inquiridos frequenta ambas as praias, cerca de 26,4% frequenta apenas a praia Azul e cerca de 31,4% frequenta apenas a praia de Santa Rita. A percentagem de inquiridos que frequenta as praias pode ser observada na Figura 5.3.

Praias Frequentadas pelos Inquiridos

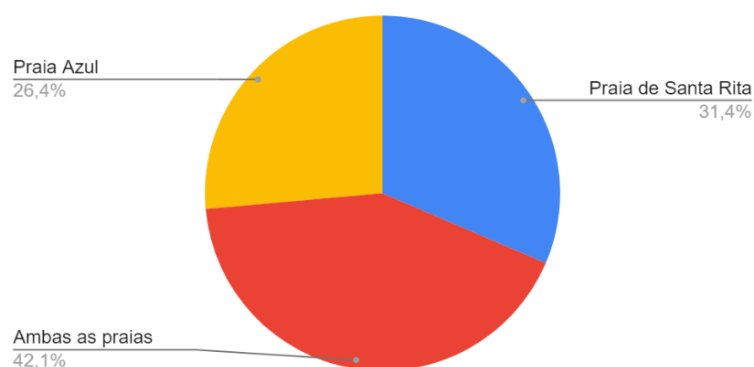


Figura 5.3 - Percentagem de inquiridos que frequenta cada praia.

Na Figura 5.4 pode ser visualizada a distribuição dos inquiridos por concelho de residência. Observa-se assim que os inquiridos são maioritariamente dos concelhos de Torres Vedras, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira.

Concelho de Residência dos Inquiridos

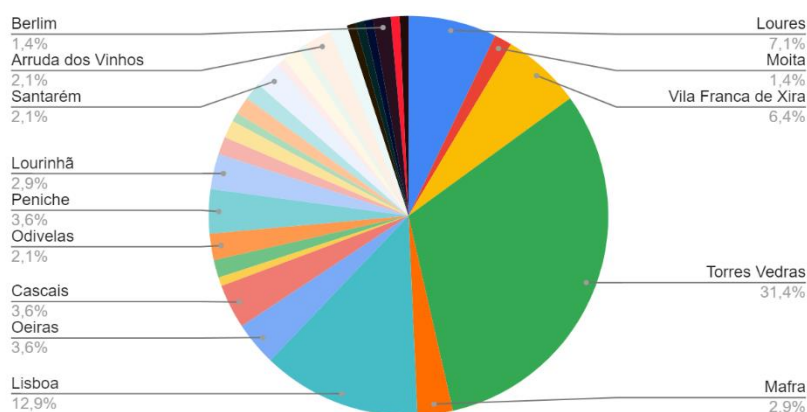


Figura 5.4 - Distribuição dos inquiridos por concelho de residência

Das respostas ao inquérito, destaca-se que 86,4% dos inquiridos, utiliza o veículo pessoal para se deslocar à praia, seja este movido a gasolina, diesel ou eletricidade, como se pode verificar pela análise da Figura 5.5. Face a este aspeto, verifica-se a necessidade de criar meios alternativos de transporte para o acesso à praia, por exemplo através de um autocarro que percorresse todas as praias do concelho, com partida e chegada de Torres Vedras.

Meio de transporte para deslocação à praia

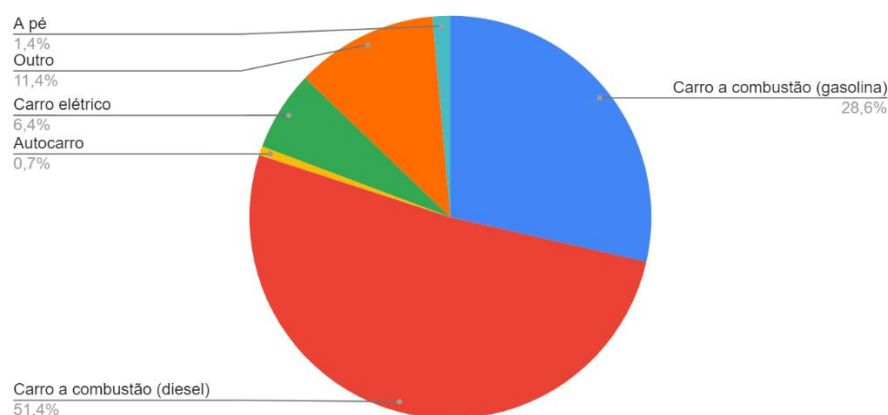


Figura 5.5 - Meio de transporte utilizado para a deslocação à praia

Foi ainda possível constatar que a maioria dos inquiridos se revelaram moradores do concelho de Torres Vedras, razão pela qual a maior parcela dos inquiridos vai à praia +14 vezes por ano. Por sua vez o segundo maior grupo de utilizadores é o que visita a praia 2-3 vezes por ano, como se pode visualizar na Figura 5.6.

Número médio de idas à praia

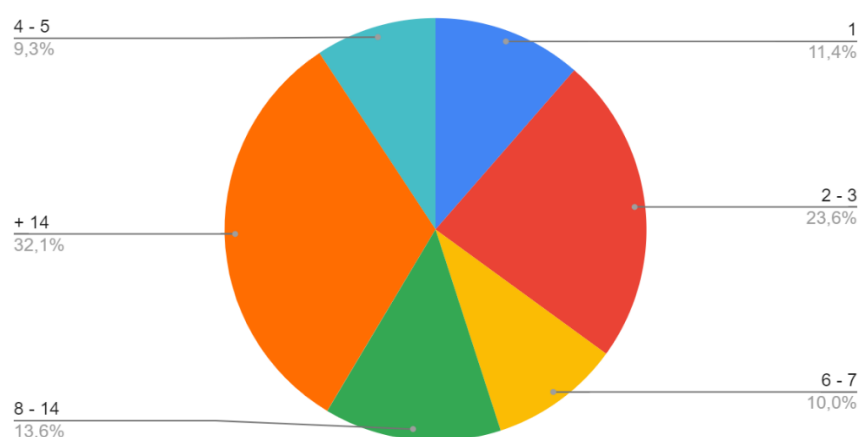


Figura 5.6 - Número médio de idas à praia por ano

Foi ainda possível constatar, que a maior parte dos inquiridos provém da sua residência permanente ao visitar as praias.

Relativamente à questão sobre a qualidade das praias, verificou-se, como se representa através da Figura 5.7 que a maior parte dos utilizadores considera as praias num Bom estado (52,9%), seguida dos utilizadores que as consideram num Muito Bom estado ambiental (31,4%) e Aceitável (15,7%). É de notar que não houve respostas que classificam o estado ambiental das praias como Não Aceitável.

Classificação do estado ambiental das praias pelos inquiridos

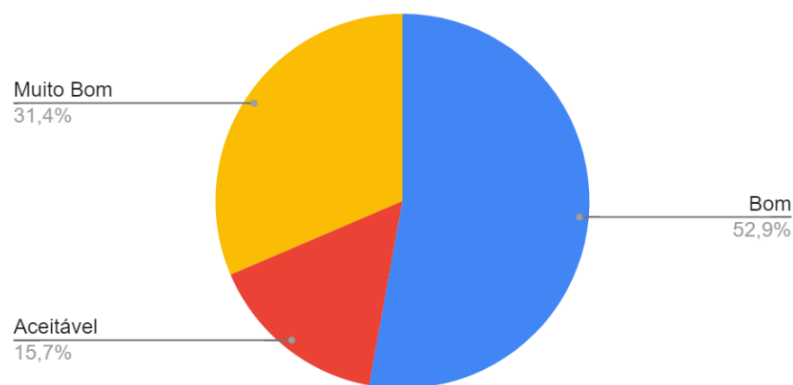


Figura 5.7 - Classificação do estado ambiental das praias pelos inquiridos

Foi possível verificar que os valores de praia mais apreciados pelos utilizadores foram respetivamente a limpeza da praia, a qualidade da água, segurança (presença de salva-vidas, sinalização) e parque de estacionamento.

Relativamente ao estado do areal e das dunas, observa-se que a maior parte dos inquiridos (56,4%) gostaria de ver as praias o mais naturalizadas possível, ou seja, com soluções de base natural, como se observa pela Figura 5.8.

Preferência de solução a aplicar às dunas/areal

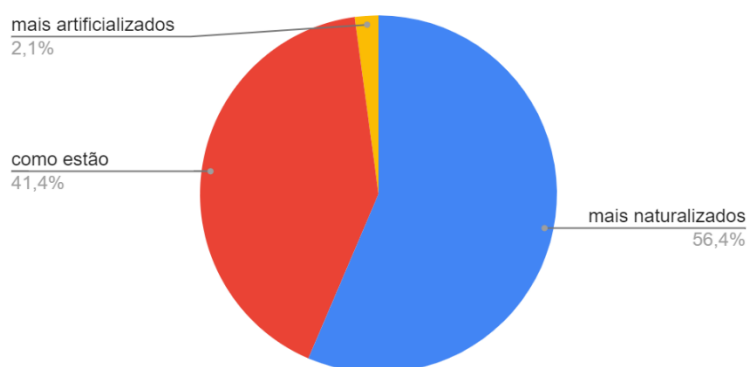


Figura 5.8 - Preferência do tipo de solução a aplicar às dunas/areal

Porém, independentemente das soluções aplicadas, a maior parte (mais de 64%) dos utilizadores iria com a mesma frequência à praia, como se pode observar na Figura 5.9 e na Figura 5.10. A preferência por praias naturalizadas, mas com elementos de conforto, reflete

a procura por um equilíbrio entre a tranquilidade da natureza e a praticidade da vida moderna. Nas respostas ao inquérito, os inquiridos demonstraram querer vivenciar o contacto com a natureza sem abrir mão do conforto e da segurança. Este facto é demonstrado pelas respostas representadas na Figura 8.7 (Anexo 5), uma vez que apesar da preferência por praias mais naturalizadas, e de valores como a qualidade da água e a limpeza da praia, se observa que foi dada também importância a aspetos como a presença de instalações (WC, restaurantes, lojas, duchas, áreas de jogos) e de parques de estacionamento. Foi ainda possível verificar que alguns dos inquiridos apresentaram alguma confusão com os termos artificializados e naturalizados, pelo que outra abordagem para a pergunta poderia ter sido utilizada.

Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as dunas/areal fossem mais artificializadas

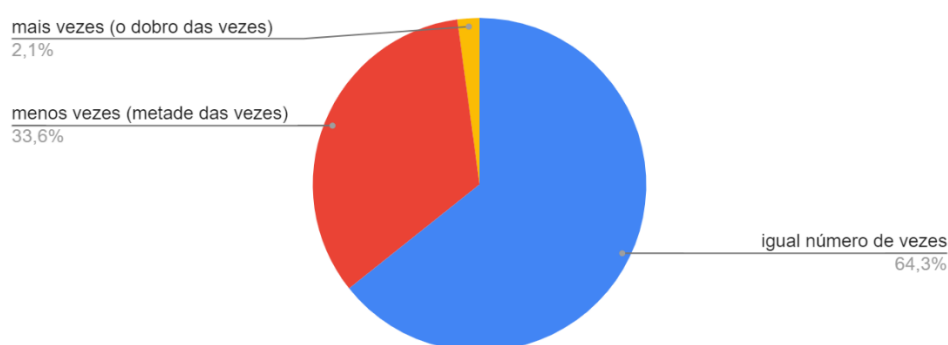


Figura 5.9 - Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as dunas/areal fossem mais artificializadas

Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as dunas/areal fossem mais naturalizadas

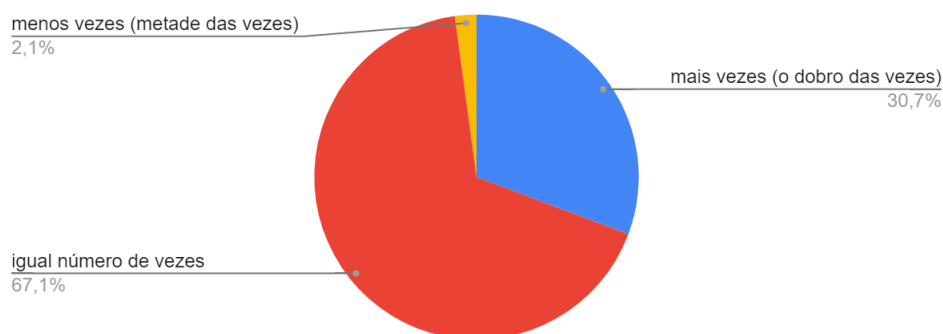


Figura 5.10 - Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as dunas/areal fossem mais naturalizadas

De forma semelhante para a arriba, a maioria dos inquiridos demonstrou o interesse em ver as arribas com vegetação (53,6%), como se observa na Figura 5.11, estando esta hipótese condicionada pela existência ou não de solo na arriba.

Preferência de solução a aplicar às arribas

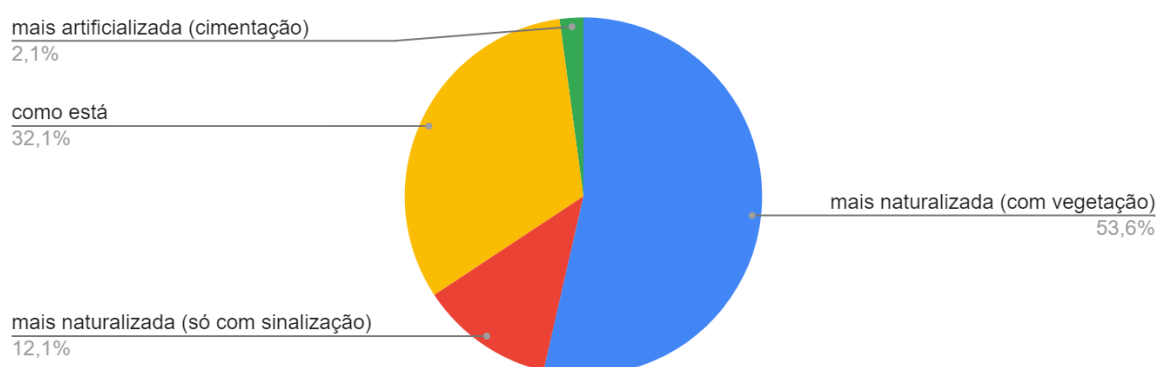


Figura 5.11 - Preferência do tipo de solução a aplicar às arribas

Observou-se que maioria dos inquiridos iria com igual frequência à praia independentemente do tipo de solução aplicada, como se observa na Figura 5.12 e na Figura 5.13 de forma mais assertiva que no caso das dunas/areal. Nesta questão, a abordagem utilizada demonstrando entre parêntesis a solução a aplicar, pareceu auxiliar os inquiridos a responder.

Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as arribas fossem mais artificializadas

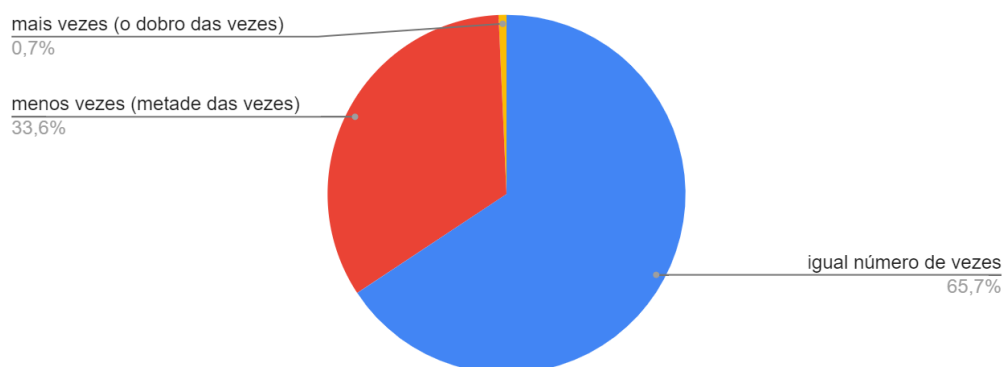


Figura 5.12 - Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as arribas fossem mais artificializadas

Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as arribas fossem mais naturalizadas

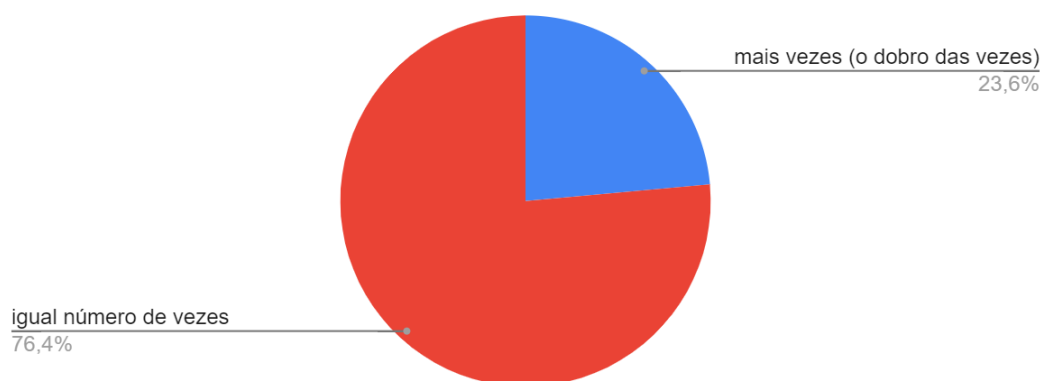


Figura 5.13 - Frequência da ida à praia pelos inquiridos se as arribas fossem mais naturalizadas

O inquérito procurou ainda compreender quais as medidas que os utilizadores das praias consideram mais importantes para a proteção dos ecossistemas costeiros em estudo, com estas tendo sido "limitar o acesso a áreas vulneráveis", "instalar sinalização informativa e educativa" e "implementar barreiras de proteção".

No entanto outras medidas foram também apontadas pelos inquiridos, que caso sejam corretamente implementadas, apresentam o potencial de aumentar a sustentabilidade e o nível de proteção dos ecossistemas costeiros em estudo, que se apresentam no subcapítulo 5.5.

Verificou-se, ainda, que a maior parte dos inquiridos (62,9%) não estão dispostos a pagar uma taxa de entrada na praia para a manutenção das zonas costeiras, como se observa na Figura 5.14. As justificações que apresentavam para esta recusa, eram a já elevada carga de impostos, a desconfiança da aplicação do dinheiro, ou a complexidade de se chegar a uma taxa considerada equitativa para todos. Foi ainda questionado pelos inquiridos se não seria mais indicado existir a possibilidade de donativo ao invés de uma taxa, o que poderia aumentar a conexão com a causa ambiental, permitindo que a população contribua dentro das suas possibilidades financeiras.

Disponibilidade para pagar uma taxa de preservação ambiental ao visitar uma praia

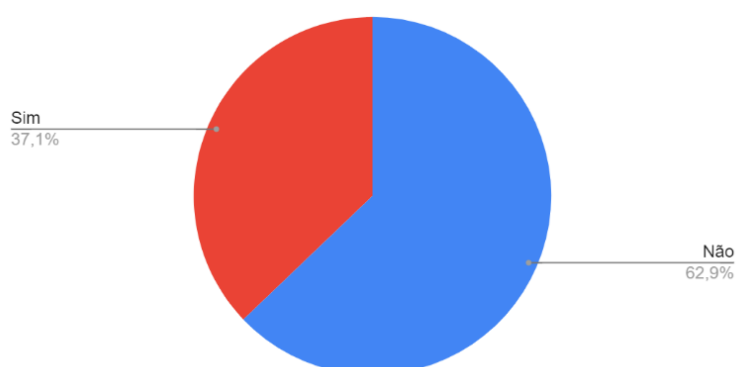


Figura 5.14 - Disponibilidade de pagar uma taxa de entrada para visitar a praia, se a mesma fosse aplicada à preservação ambiental do ecossistema costeiro

5.2 Resultados do Cálculo dos Custos

Neste subcapítulo são apresentados os resultados dos cálculos para os possíveis cenários de intervenção para as dunas/areal e arribas da praia Azul e da praia de Santa Rita. Os resultados apresentam-se de seguida.

Na Tabela 5.1 é possível verificar os custos para o Cenário 1, no que respeita a construção de um paredão na praia Azul, englobando o investimento inicial e os custos de manutenção.

Tabela 5.1 - Custos de Implementação do Cenário 1

Dunas/Areal - Praia Azul			
Descrição do Cenário 1	Custo Inicial €	Custo de manutenção €	Custo total €
Construção do Paredão	2.011.969,80	4.587.655,48	6.599.625,28

Na Tabela 5.2 representam-se os custos para o Cenário 2, relativos à possível elevação de um paredão na praia Azul, em 1,2 metros envolvendo os custos de elevação e de redimensionamento da proteção do talude.

Tabela 5.2 - Custos da Implementação do Cenário 2

Dunas/Areal - Praia Azul			
Descrição do Cenário 2	Custo €	Custo do redimensionamento da proteção do talude	Custo total €
Elevação do paredão em 1,2 m	139.320,00	522.732,40	662.652,40

Na Tabela 5.3 observam-se os custos para o Cenário 3, referentes à demolição de um paredão na praia Azul e à sua substituição por um sistema de restauro dunar, englobando os custos de demolição do paredão, demolição da estabilização do paredão e da implementação de um sistema de restauro dunar para a praia Azul.

Tabela 5.3 - Custos da Implementação do Cenário 3

Dunas/Areal - Praia Azul				
Descrição do Cenário 3	Custo de demolição do paredão €	Custo de demolição da estabilização do paredão €	Custo do restauro dunar €	Custo total €
Demolição do paredão existente e substituição por restauro dunar	1.162.772,69	575.730,94	553.250,10	2.291.753,73

Na Tabela 5.4 representam-se os custos para o Cenário 4, relativos à implementação de um sistema de restauro dunar na praia Azul.

Tabela 5.4 - Custos da Implementação do Cenário 4

Dunas/Areal - Praia Azul	
Descrição do Cenário 4	Custo restauro dunar €
Restauro dunar	553.250,10

Na Tabela 5.5 observam-se os custos para o Cenário 5, relativos à implementação de uma estratégia com recurso a alimentação dunar e instalação de um sistema de restauro dunar na praia Azul.

Tabela 5.5 - Custos da Implementação do Cenário 5

Dunas/Areal - Praia Azul	
Descrição do Cenário 5	Custo total €
Alimentação dunar	
100%	1.090.527,10
50%	821.888,60
20%	660.705,50
10%	606.977,80

Na Tabela 5.6 é possível verificar os custos para o Cenário 6, referentes à obra de estabilização da arriba da praia Azul, que engloba coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento da arriba, a construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos e uma rede de encaminhamento à queda de blocos.

Tabela 5.6 - Custos da Implementação do Cenário 6

Arribas - Praia Azul	
Descrição do Cenário 6	Intervenção para Proteção da Arriba
Ação	Custo €
Coletores	550,99
Poços de absorção	10.126,80
Inversão de Pendentes	455,51
Reperfilamento da arriba	44.795,93
Construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos	49.771,86
Rede de encaminhamento à queda de blocos	507.554,40
Total	613.435,49

Na Tabela 5.7 é possível verificar os custos para o Cenário 7, relativos à possível cimentação da arriba da praia Azul, englobando duas opções, uma primeira (opção 1) com 50 cm de betão armado e uma segunda (opção 2) com uma mistura de 20 cm de betão armado e 30 cm de alvenaria argamassada.

Verifica-se que a opção 2 é além de mais económica, ainda mais vantajosa ao nível do enquadramento paisagístico (Vieira, 2018).

Tabela 5.7 - Custos da Implementação do Cenário 7

Arribas - Praia Azul	
Descrição do Cenário 7	Custo Total €
Cimentação da Arriba	Opção 1 3.552.663,53
	Opção 2 2.639.117,75

Na Tabela 5.8 são representados os custos para o Cenário 8, no que respeita a implementação de sinalização de perigo na arriba da praia Azul. Deve, no entanto, destacar-se que esta solução apenas diminuirá a presença de pessoas e bens em áreas de arriba, não resolvendo o problema da erosão e recuo da arriba.

Tabela 5.8 - Custos da Implementação do Cenário 8

Arribas - Praia Azul			
Descrição do Cenário 8	Custo Inicial €	Custo de manutenção € (10 anos)	Custo total €
Colocação de Sinalização de Perigo na Arriba	3.733,33	1.022,56	4.795,89 €.

Na Tabela 5.9 observam-se os custos para o Cenário 9, no que respeita a implementação de vegetação na arriba da praia Azul. É verificado que esta opção apenas é viável, em porções da arriba que possuam solo.

Tabela 5.9 - Custos da Implementação do Cenário 9

Arribas - Praia Azul	
Descrição do Cenário 9 - Colocação de vegetação na arriba	
Planta	Custo €
<i>Ulex europaeus</i> (Tojo)	20.208,90
<i>Frankenia laevis</i>	7.907,90
<i>Crithmum maritimum</i> (perrexil-do-mar, funcho-do-mar)	15.694,14
<i>Armeria welwistchii</i> subsp. cinérea (erva-divina)	23.984,40
<i>Helichrysum decumbens</i> (helicriso)	33.897,50
Total	101.692,84

Na Tabela 5.10 observam-se os custos para o Cenário 10, no que respeita a construção de um paredão na praia de Santa Rita, englobando o investimento inicial e os custos de manutenção.

Tabela 5.10 - Custos da Implementação do Cenário 10

Dunas/ Areal - Praia de Santa Rita			
Descrição do Cenário 10	Custo Inicial €	Custo de manutenção €	Custo total €
Construção do Paredão	6.826.683,60	15.566.074,81	22.392.758,41

Na Tabela 5.11 é possível verificar os custos para o Cenário 11, relativos à implementação de um sistema de restauro dunar, ao longo de toda a extensão da praia de Santa Rita.

Tabela 5.11 - Custos da Implementação do Cenário 11

Dunas/ Areal - Praia de Santa Rita	
Descrição do Cenário 11	Custo do restauro dunar €
Restauro dunar	158.149,29

Na Tabela 5.12 observam-se os custos para o Cenário 12, relativos à implementação de uma estratégia com recurso a alimentação dunar e instalação de um sistema de restauro dunar na praia de Santa Rita.

Tabela 5.12 - Custos da Implementação do Cenário 12

Dunas/Areal - Praia de Santa Rita	
Descrição do Cenário 12	Custo total €
Alimentação dunar	
100%	311.732,59
50%	235.570,95
20%	188.865,96
10%	173.507,63

Na Tabela 5.13 é possível verificar os custos para o Cenário 13, referentes à obra de estabilização das arribas da praia de Santa Rita, replicando a obra realizada na praia Azul, que engloba coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento da arriba, a construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos e uma rede de encaminhamento à queda de blocos. Apresentam-se os resultados face às arribas 1 e 2.

Tabela 5.13 - Custos da Implementação do Cenário 13

Arribas - Praia de Santa Rita			
Descrição do Cenário 13 - Replicação da Obra de Proteção da Arriba da Praia Azul			
Ação	Custo - Arriba 1 €	Custo - Arriba 2 €	Custo Total €
Coletores	300,54	1152,07	1.452,61
Poços de absorção	16.179,60	52.787,40	68.967,00
Inversão de pendentes	248,46	952,43	1.200,89
Reperfilamento da arriba	71.891,10	234.458,55	306.349,65
Construção de um muro de espera e suporte à queda de blocos	25.436,91	102.574,11	128.011,02
Rede de encaminhamento à queda de blocos	811.292,80	2.645.870,40	3.457.163,20
Total	925.349,41	3.037.794,96	3.963.144,37

Na Tabela 5.14 é possível verificar os custos para o Cenário 14, relativos à possível cimentação das arribas da praia de Santa Rita, englobando duas opções, uma primeira (opção 1) com 50 cm de betão armado e uma segunda (opção 2) com uma mistura de 20 cm de betão armado e 30 cm de alvenaria argamassada. Verifica-se novamente que a opção 2 é além de mais económica, também mais vantajosa ao nível do enquadramento paisagístico (Vieira, 2018).

Tabela 5.14 - Custos da Implementação do Cenário 14

Arribas - Praia de Santa Rita			
Descrição do Cenário 14 - Cimentação das Arribas			
Opção	Custo Arriba 1 €	Custo Arriba 2 €	Custo Total €
Opção 1	5.678.702,30	18.519.960,15	24.198.662,45
Opção 2	4.218.458,62	13.757.665,27	17.976.123,89

Na Tabela 5.15 é possível verificar os custos para o Cenário 15, no que respeita a implementação de sinalização de perigo nas arribas da praia de Santa Rita. Deve, no entanto, destacar-se que esta solução apenas diminuirá a presença de pessoas e bens em áreas de arriba, não resolvendo o problema da erosão e recuo das arribas.

Tabela 5.15 - Custos da Implementação do Cenário 15

Arribas - Praia de Santa Rita						
Descrição do Cenário 15 - Colocação de Sinalização de Perigo nas Arribas						
Arriba 1			Arriba 2			Custo total da intervenção €
Custo inicial €	Custos manutenção € (10 anos)	Custo da sinalização €	Custo inicial €	Custos manutenção € (10 anos)	Custo da sinalização €	
2.058,18	557,76	2.615,94	7.889,69	2.138,08	10.027,77	12.643,71

Na Tabela 5.16 é possível verificar os custos para o Cenário 16, no que respeita a implementação de vegetação nas arribas da praia de Santa Rita. É verificado que esta opção apenas é viável, em porções da arriba que possuam solo.

Tabela 5.16 - Custos da Implementação do Cenário 16

Arribas - Praia de Santa Rita		
Descrição do Cenário 16 - Colocação de vegetação nas arribas		
Planta	Arriba 1 Custo €	Arriba 2 Custo €
<i>Ulex europaeus</i> (Tojo)	32.298,90	105.336,45
<i>Frankenia laevis</i>	12.639,90	41.227,55
<i>Crithmum maritimum</i> (perrexil-do-mar, funcho-do-mar)	25.091,36	81.823,84
<i>Armeria welwistchii</i> subsp. cinérea (erva-divina)	38.343,30	125.041,80
<i>Helichrysum decumbens</i> (helicriso)	54.177,50	176.696,00
Custo Total por Arriba	162.550,96	530.125,64
Custo Total da Obra	692.676,60	

Verifica-se que para a praia Azul, a intervenção mais dispendiosa para as dunas/areal é a construção de um paredão, com a intervenção menos dispendiosa sendo a do restauro dunar. Por sua vez para a arriba, a intervenção mais dispendiosa é a cimentação da arriba, com a opção menos dispendiosa sendo a colocação de sinalização.

No entanto, é possível constatar que a alimentação artificial pontual, principalmente ao sul e a aplicação de vegetação tanto para o areal, como para as arribas, apresentam-se como as medidas mais adequadas, para a praia Azul.

Para a praia de Santa Rita, a intervenção mais dispendiosa para as dunas/areal é a construção de um paredão, com a opção menos dispendiosa sendo a do restauro dunar. Por sua vez para a arriba, a intervenção mais dispendiosa é a cimentação da arriba, com a opção menos dispendiosa sendo a colocação de sinalização.

No entanto, verifica-se que a alimentação artificial pontual, principalmente ao sul e a aplicação de paliçadas em complementaridade com a implementação de vegetação para as dunas apresentam-se como as medidas mais adequadas, para a praia de Santa Rita.

De forma a comparar os custos obtidos para os vários cenários apresentados procuraram-se obras com cenários semelhantes aos expostos. Apesar de ser difícil encontrar obras de intervenção semelhantes no litoral português, foi possível realizar uma comparação para a maior parte dos cenários. No entanto, por não se tratar de obras completamente equivalentes, seja pela dimensão ou pela complexidade de cada obra, as comparações devem ser analisadas cuidadosamente. Na Tabela 5.17 e na Tabela 5.18 representam-se os resultados obtidos.

Tabela 5.17 - Obras semelhantes a comparar com os cenários em estudo para a praia Azul

OBRAS SEMELHANTES		CENÁRIO EM ESTUDO		
AÇÃO	CUSTO €	CENÁRIO	AÇÃO	CUSTO €
Paredão do Furadouro Paredão do Mindelo	128.535,85 628.628,35	2	Adaptação do Paredão da Praia Azul às Alterações Climáticas	662.652,40
Intervenção de requalificação da Praia Azul	200.000,00	4	Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar (inicialmente) na Praia Azul	553.250,10
338.000 m ³ de areia, em praias do Algarve com um custo de 5,92 €/m ³	2.000.000,00	5	Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia Azul: 100% 50% 20% 10%	1.090.527,10 821.888,60 660.705,50 606.977,80
Custo total das obras de intervenção na praia Azul	1.673.150,00	6	Obra na arriba (Praia Azul), que inclui coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento, muro de espera e suporte à queda de blocos e rede de encaminhamento à queda de blocos	613.435,49
Arriba Fóssil da Costa de Caparica	562.660,00	8	Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (a não realização de obras) na Praia Azul	4.795,89
Arriba Fóssil da Costa de Caparica	562.660,00	9	Estabilização da arriba da praia Azul com vegetação	101.692,84

Da comparação de obras semelhantes, com os cenários deste estudo para a praia Azul, conclui-se através da Tabela 5.17, que:

- No caso do Cenário 2, e considerando o trabalho de Ramos (2011), verifica-se que a intervenção no Paredão do Furadouro, foi de 128.535,85 € e de 628.628,35 € para a construção do Paredão do Mindelo. Assim, supõe-se que neste estudo a elevação estará bem dimensionada, mas que a construção do paredão para estabilização está sobrevalorizada;

- No caso do Cenário 4, estima-se a necessidade de alocação de 200.000 € considerando apenas as frentes de praia (Agência Portuguesa do Ambiente - Departamento do Litoral e Proteção Costeira, 2024), pelo que para toda a extensão da praia, o custo obtido neste cenário deverá ser semelhante.

- No caso do Cenário 5, verificaram-se custos de 2.000.000 € por 338.000 m³ de areia, no Algarve para as praias do Carvoeiro, Benagil, Nova, Cova Redonda, Castelo e Coelha, o que resulta num preço de 5,92 €/m³ de areia em 2016 (Teixeira, 2016). Neste sentido, o valor obtido para a área de estudo, 7,51€/m³ (2024) mostra-se congruente com os dados analisados.

- No caso do Cenário 6, verifica-se que o custo de construção da obra de defesa para a arriba, está englobado no preço de 1.673.150 € que é o custo para toda a obra de intervenção na praia Azul (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2019b), pelo que o valor obtido neste estudo deverá ser coerente;

- Por sua vez, no caso dos Cenários 8 e 9 é possível encontrar um projeto semelhante e relevante no projeto de proteção da Arriba Fóssil da Costa de Caparica, com um custo de 562.660 € e que incluiu a conservação de habitats naturais, controle de espécies invasoras e instalação de sinalética de conservação da natureza (transparencia.gov.pt, 2023), pelo que os preços obtidos serão coerentes para os cenários em estudo.

Com recurso à Tabela 5.18 e comparando as obras semelhantes, com os cenários desenhados neste estudo para a praia de Santa Rita, conclui-se que:

- No caso do Cenário 11, verificou-se a alocação de 23.000 € para a recuperação do sistema dunar (Agência Portuguesa do Ambiente - Departamento do Litoral e Proteção Costeira, 2024), pelo que considerando toda a extensão de praia ao invés de apenas uma parte, o valor obtido deverá ser coerente para o cenário em estudo;

- No caso do Cenário 12, verifica-se que de forma semelhante ao Cenário 5, se considera o preço de 7,51 €/m³ coerente, para o ano 2024.

- No caso do Cenário 13 que para aplicação de rede de malha metálica (praia azul), são necessários 2.600.000 € (Agência Portuguesa do Ambiente - Departamento do Litoral e Proteção Costeira, 2024), pelo que o preço, para a praia de Santa Rita, deverá ser semelhante em comparação com a obra de requalificação da praia Azul.

- Por fim, no caso dos Cenários 15 e 16, é possível considerar os valores obtidos como coerentes, através do já referido projeto de proteção da Arriba Fóssil da Costa de Caparica, que teve um custo de 562.660 € e incluiu a conservação de habitats naturais, controle de espécies invasoras e instalação de sinalética de conservação da natureza (transparencia.gov.pt, 2023).

Tabela 5.18 - Obras semelhantes a comparar com os cenários em estudo para a praia de Santa Rita

OBRAS SEMELHANTES		CENÁRIO EM ESTUDO		
AÇÃO	CUSTO €	CENÁRIO	AÇÃO	CUSTO €
Recuperar o sistema dunar, conforme previsto no Plano de Intervenção da Praia de Santa Rita	23.000,00	11	Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar na Praia de Santa Rita	158.149,29
338.000 m ³ de areia, em praias do Algarve com um custo de 5,92 €/m ³	2.000.000,00	12	Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia de Santa Rita:	
			100%	311.732,59
			50%	235.570,95
			20%	188.865,96
			10%	173.507,63
Rede de malha metálica (praia Azul)	2.600.000,00	13	Obra da arriba para a Praia de Santa Rita (replicando a obra da arriba da Praia Azul)	
			arriba 1	925.349,41
			arriba 2	3.037.794,96
			Custo total	3.963.144,37
Arriba Fóssil da Costa de Caparica	562.660,00	15	Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia de Santa Rita	12.643,71
Arriba Fóssil da Costa de Caparica	562.660,00	16	Estabilização da arriba com Vegetação na Praia de Santa Rita	692.676,60

No Anexo 3 podem ser visualizadas as medições do espaço em estudo, realizadas com recurso a Google Earth Pro, e que permitiram efetuar os cálculos dos custos. Por sua vez, no Anexo 4, podem ser consultados em maior detalhe, os cálculos efetuados.

5.3 Resultados da aplicação do método do Custo de Viagem para a obtenção dos Benefícios dos ecossistemas costeiros em estudo

Neste subcapítulo, pretende-se discutir os benefícios apresentados atualmente pelas praias em estudo e compreender se se justificam as obras de recuperação das praias em questão. Para a análise dos benefícios utilizou-se o método do Custo de Viagem. Este estudo foi realizado com base nas 140 respostas obtidas no inquérito.

Através das respostas obtidas no inquérito realizado, foi possível contabilizar o número de visitantes por concelho e por praia. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Número de visitantes às praias, tendo em conta o concelho de residência dos inquiridos

NÚMERO DE VISITANTES POR CONCELHO DE RESIDÊNCIA				
Concelho	Azul	Ambas	Santa Rita	Total
Torres Vedras	11	23	10	44
Lisboa	5	9	4	18
Loures	3	2	5	10
Vila Franca de Xira	2	4	3	9
Peniche	2	0	3	5
Lourinhã	0	0	4	4
Cascais	2	1	2	5
Mafra	1	1	2	4
Oeiras	1	3	1	5
Odivelas	1	2	0	3
Santarém	0	1	2	3
Arruda dos Vinhos	1	2	0	3
Berlim	2	0	0	2
Dusseldorf	2	0	0	2
Moita	0	1	1	2
Marinha Grande	0	0	1	1
Caldas da Rainha	0	0	2	2
Sintra	0	1	1	2
Barreiro	0	1	0	1
Amadora	0	2	0	2
Entroncamento	0	1	1	2
Seixal	0	1	1	2
Leiria	1	0	0	1
Madrid	2	0	0	2
Barcelona	0	1	0	1
Gouveia	0	1	0	1
Azambuja	0	1	0	1
Proença-a-Nova	1	0	0	1
Cadaval	0	1	0	1
Almada	0	0	1	1
Total	37	59	44	140

Na Tabela 5.20 apresenta-se o número de visitas por ano que os inquiridos, realizam às praias em estudo, por concelho e por praia.

Tabela 5.20 - Número de visitas às praias tendo em conta o concelho de residência dos inquiridos

NÚMERO DE VISITAS POR CONCELHO DE RESIDÊNCIA E POR PRAIA			
Concelho	Azul	Ambas	Santa Rita
Torres Vedras	472	768	294
Lisboa	24	182	107
Loures	14	12	61
Vila Franca de Xira	5	21	10
Peniche	2	0	20
Lourinhã	0	0	72
Cascais	4	3	5
Mafra	5	5	5
Oeiras	1	15	3
Odivelas	50	12	0
Santarém	0	5	53
Arruda dos Vinhos	5	57	0
Berlim	9	0	0
Dusseldorf	100	0	0
Moita	0	3	1
Marinha Grande	0	0	3
Caldas da Rainha	0	0	4
Sintra	0	11	3
Barreiro	0	5	0
Amadora	0	57	0
Entroncamento	0	7	5
Seixal	0	3	1
Leiria	7	0	0
Madrid	7	0	0
Barcelona	0	50	0
Gouveia	0	7	0
Azambuja	0	3	0
Proença-a-Nova	50	0	0
Cadaval	0	3	0
Almada	0	0	50

Observa-se, através da Tabela 5.20 que os concelhos que apresentam mais visitas à praia são Torres Vedras, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira.

De seguida para a realização dos cálculos é necessário verificar qual o número de visitas por 1000 habitantes, por cada concelho e a cada praia. Para este cálculo foi estimado, com base no exposto no ponto 4.2.2, considerando que a praia Azul recebe cerca de 102.000 visitas

por ano e a praia de Santa Rita recebe cerca de 168.000 visitas por ano. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.21.

Tabela 5.21 - Número de visitas/1000 habitantes às praias

VISITAS/1000 HABITANTES		
Concelho	Azul	Santa Rita
Torres Vedras	727,6	991,3
Lisboa	15,1	44,9
Loures	7,0	41,7
Vila Franca de Xira	8,3	18,9
Peniche	5,4	93,4
Lourinhã	0,0	326,6
Cascais	1,6	3,7
Mafra	5,6	10,4
Oeiras	3,5	7,1
Odivelas	27,3	5,0
Santarém	2,8	115,5
Arruda dos Vinhos	160,0	237,4
Berlim	0,2	0,0
Dusseldorf	12,1	0,0
Moita	1,4	4,2
Marinha Grande	0,0	7,8
Caldas da Rainha	0,0	8,3
Sintra	1,0	2,6
Barreiro	2,1	3,6
Amadora	11,9	20,4
Entroncamento	11,1	45,4
Seixal	0,5	1,7
Leiria	3,6	0,0
Madrid	0,2	0,0
Barcelona	1,2	2,0
Gouveia	19,9	34,2
Azambuja	4,1	7,0
Proença-a-Nova	527,7	0,0
Cadaval	6,5	11,1
Almada	0,0	35,5

O concelho que mais visitas apresenta por 1000 habitantes, é Torres Vedras.

Observou-se ainda da análise da Tabela 5.21 que por o número de inquiridos ser reduzido em alguns concelhos, e por estes concelhos apresentarem uma pequena dimensão populacional, estes apresentam um elevado número de visitas por 1000 habitantes, onde esses valores não seriam inicialmente espectáveis.

Através da Tabela 5.22 é possível observar o custo de viagem, por concelho de residência, relativamente à praia Azul.

Tabela 5.22 - Custo médio de viagem por concelho à praia Azul

PRAIA AZUL	
Concelho	Custo de Viagem (€)
Torres Vedras	8,90
Lisboa	53,36
Loures	40,95
Vila Franca de Xira	37,93
Peniche	24,87
Cascais	54,21
Mafra	60,01
Oeiras	147,30
Odivelas	35,89
Santarém	42,51
Arruda dos Vinhos	16,98
Berlim	1236,15
Dusseldorf	3551,86
Moita	54,31
Sintra	13,68
Barreiro	67,12
Amadora	21,46
Entroncamento	80,38
Seixal	71,87
Leiria	285,07
Madrid	796,29
Barcelona	4,10
Gouveia	1012,64
Azambuja	30,24
Proença-a-Nova	26,76
Cadaval	22,44

Verificou-se, que para distâncias maiores os custos aumentaram, associados também à necessidade do aluguer de alojamento.

Por sua vez, a partir da Tabela 5.23 é possível observar o custo de viagem por concelho de residência, para a praia de Santa Rita.

Tabela 5.23 - Custo médio de viagem por concelho à praia de Santa Rita

PRAIA DE SANTA RITA	
Concelho	Custo da Viagem (€)
Torres Vedras	9,52
Lisboa	23,23
Loures	36,76
Vila Franca de Xira	37,66
Peniche	27,99
Lourinhã	5,76
Cascais	122,92
Mafra	43,70
Oeiras	57,32
Odivelas	36,47
Santarém	52,06
Arruda dos Vinhos	14,74
Moita	54,26
Marinha Grande	63,21
Caldas da Rainha	33,01
Sintra	24,25
Barreiro	67,12
Amadora	21,46
Entroncamento	121,98
Seixal	65,97
Barcelona	4,10
Gouveia	1012,64
Azambuja	30,24
Cadaval	22,44
Almada	1,21

Através da Tabela 5.22 e da Tabela 5.23 foi possível constatar que o menor custo de viagem é o do concelho de Torres Vedras, enquanto o maior custo de viagem, para a praia Azul, é Dusseldorf e para a praia de Santa Rita, é o concelho de Gouveia. Os restantes círculos na Tabela 5.22 e na Tabela 5.23 são exemplos de outliers, uma vez que estes inquiridos possuíam habitações secundárias na região e por isso incorriam em custos de viagem menores.

De seguida calcularam-se as retas de regressão linear que fazem a relação entre as visitas per capita e os custos de viagem, para as praias de Santa Rita e Azul, utilizando as visitas/1000 habitantes. Para efetuar os cálculos optou-se por utilizar os valores referentes aos 4 concelhos que apresentam mais visitas às praias, de forma a evitar outliers, de inquiridos provenientes de concelhos de residência permanentes longínquos, mas com residências secundárias na zona de estudo, o que se traduz em custos inferiores aos esperados, bem como de vários concelhos de proveniência com apenas um inquirido, o que diminuiria o R^2 da reta calculada. Esta comparação pode ser observada de seguida na Figura 5.15 e na Figura 5.16.

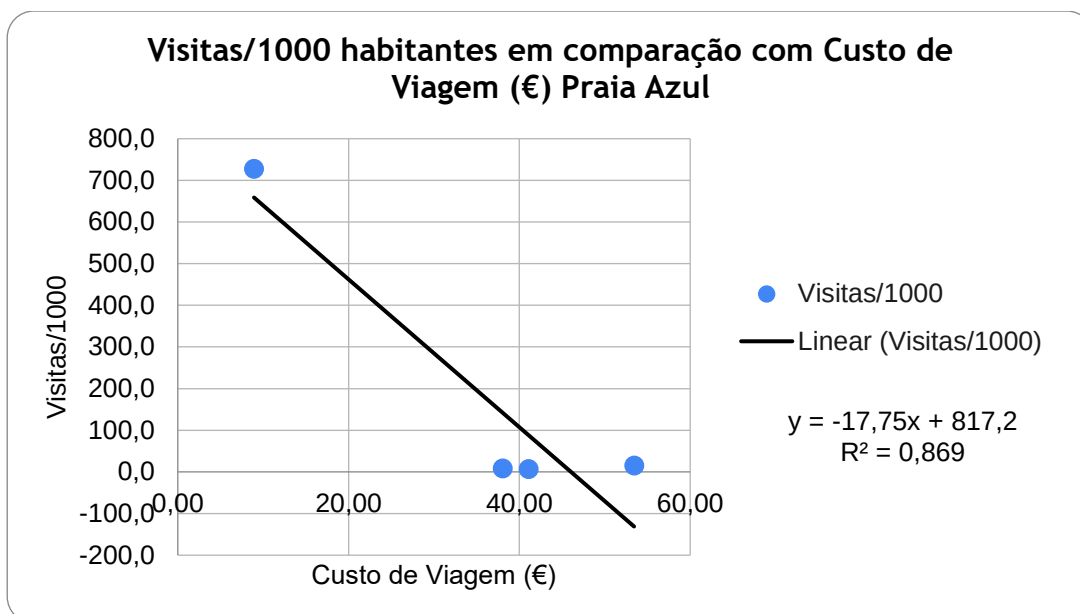


Figura 5.15 - Visitas/1000 habitantes em comparação com o Custo de Viagem (€) para a praia Azul

Observa-se na Figura 5.15 que a reta de regressão linear é $y = -17,75x + 817,2$ com um R^2 próximo de 1 (0,869), para a Praia Azul, traduzindo um bom ajuste entre a reta e a amostra em análise.

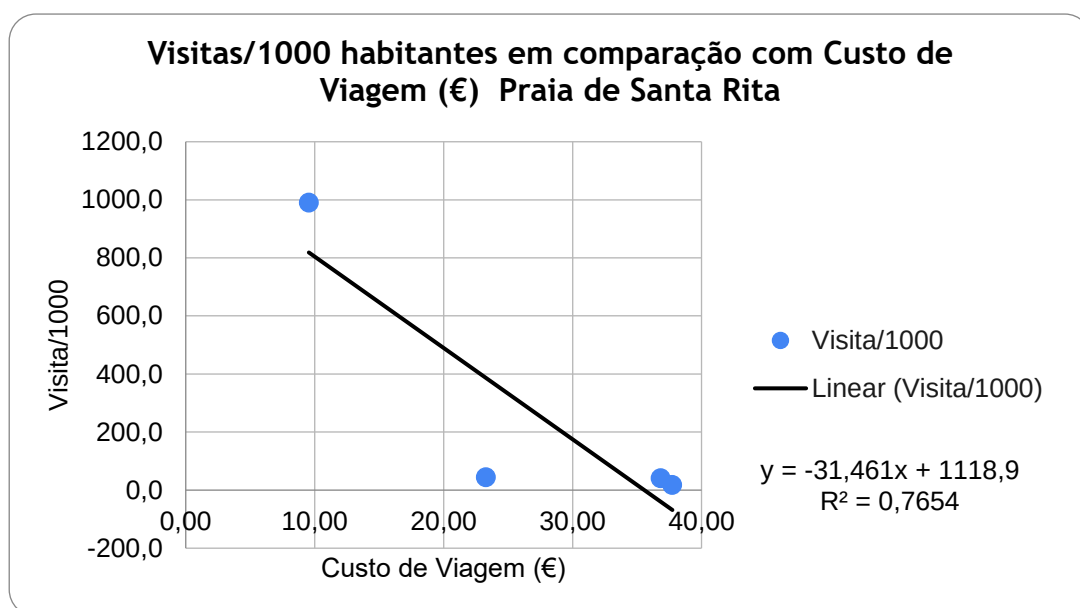


Figura 5.16 - Visitas/1000 habitantes em comparação com o Custo de Viagem (€) para a praia de Santa Rita

Observa-se na Figura 5.16 que a reta de regressão linear é $y = -31,461x + 1118,9$ com um R^2 próximo de 1 (0,765), para a Praia de Santa Rita, o que traduz um bom ajuste entre a reta e a amostra em análise.

Utilizando as retas de regressão linear e variando os custos em 10 €, 20 €, 30 €, 40 € e 50 € (simulando a variação da taxa de entrada em cada praia), foi possível verificar quantas visitas cada praia recebe e assim calcular as curvas de procura a diferentes preços. Estas curvas representam-se para a praia azul na Figura 5.17 e para a praia de Santa Rita na Figura 5.18.

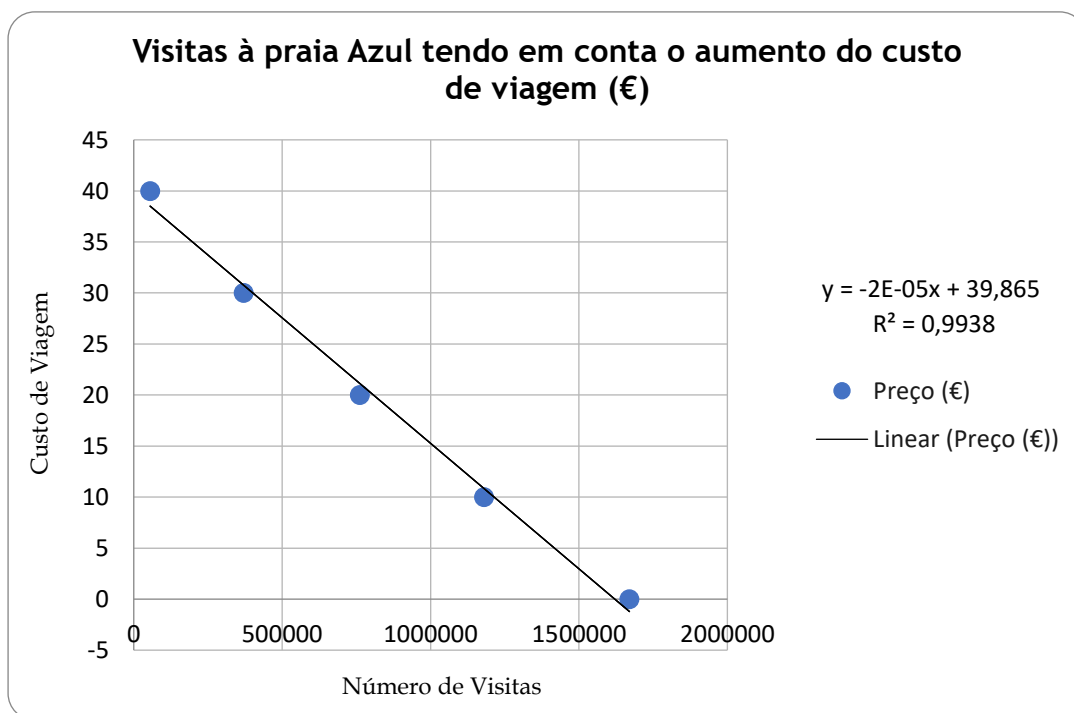


Figura 5.17 - Visitas à praia Azul tendo em conta o aumento do custo de viagem (€)

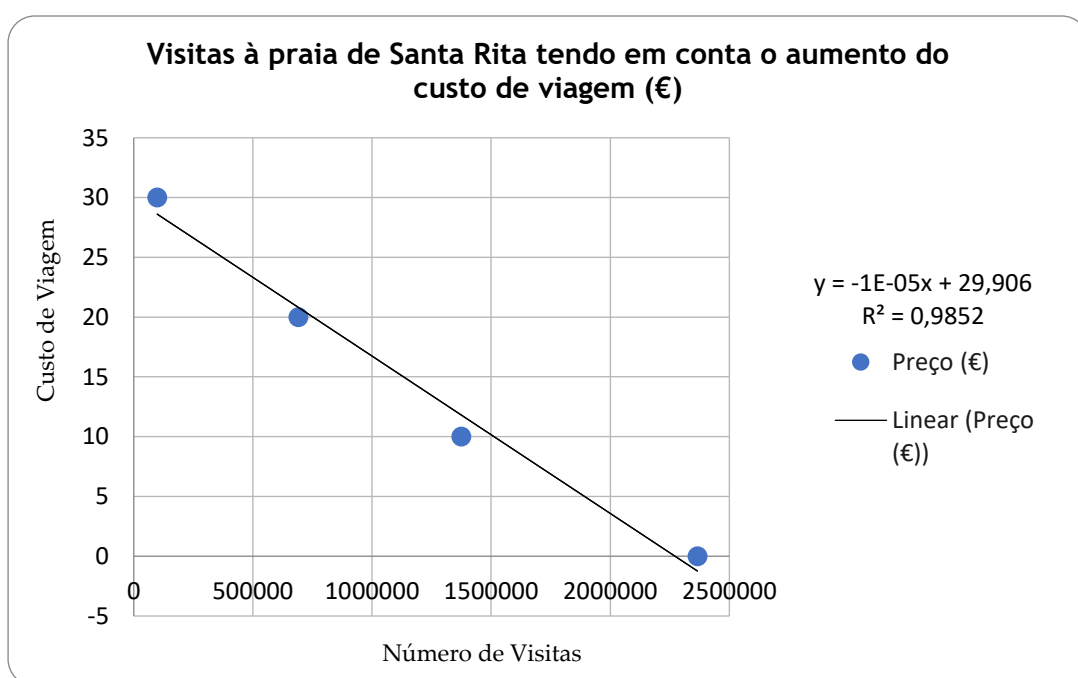


Figura 5.18 - Visitas à praia de Santa Rita tendo em conta o aumento do custo de viagem (€)

Por fim, obteve-se uma estimativa total de benefícios económicos para as praias, considerando as áreas das curvas de procura, como áreas aproximadas a triângulos, para o cálculo do integral para a situação atual. Do cálculo realizado foram obtidos os valores de **32.297.260,00 €** para a praia Azul e **34.003.425,00 €** para a praia de Santa Rita.

Ao analisar os valores dos benefícios das praias em estudo, constata-se que a praia de Santa Rita apresenta um valor superior à praia Azul. Este resultado é aceitável, uma vez que a praia de Santa Rita, apresenta um maior número de visitantes e é uma das praias de maior dimensão do concelho.

Foi ainda possível fazer uma comparação com outras praias, adaptando o trabalho desenvolvido por Silva (2012). É de mencionar, que a comparação entre os benefícios pelo valor dos ecossistemas de praias, apresentados neste estudo, é uma tarefa difícil, pelo que foi utilizado o valor do custo de viagem por pessoa, para efetuar a comparação. Para esta comparação, recorreu-se à Tabela 5.24, cujos valores de 1999, 2001, 2009 e 2012 (todos considerados para o mês de junho) que foram convertidos para os valores de 2024 (junho), utilizando como base o índice de preço no consumidor, do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2024).

Tabela 5.24 - Custos de Viagem associados a várias praias em 2024. Fonte: Adaptado de Silva (2012).

Praia	Valor (ano de avaliação)	Valor em 2024
Huntington Beach (USA)	17 € (1999)	28,80 €
Mavericks (USA)	40 € (2009)	67,77 €
Costa da Caparica (PT)	47 € (2012)	79,64 €
Pleasure Point (USA)	94 € (2001)	159,27 €
Santa Rita (PT)	-	39,56 €
Azul (PT)	-	161,30 €

Desta comparação, é possível verificar que a praia de Santa Rita, tem um valor superior à praia de Huntington Beach, mas inferior à praia da Costa da Caparica. A praia de Santa Rita é menos visitada que a praia da Costa da Caparica, pelo que o valor obtido parece ser coerente.

Por sua vez a praia Azul apresenta o maior valor da tabela, semelhante ao valor da praia de Pleasure Point. Este valor pode ser justificado, uma vez que, nas proximidades da praia Azul, se verificam instalações de turismo, onde pernoitam alguns dos frequentadores da praia que sendo estrangeiros têm um custo de viagem mais elevado. À semelhança da praia de Pleasure Point que também é muito visitada, o valor do custo de viagem da praia Azul, parece ser coerente. No entanto, é de ressaltar que o valor do custo de viagem na praia Azul seria inferior se fossem apenas considerados utilizadores nacionais.

5.4 Custo-Benefício do Atual Cenário de Adaptação Costeira

Uma vez calculados os custos e os benefícios, obtiveram-se os resultados da análise custo-benefício para o cenário atual. Estes resultados podem ser obtidos através do cálculo dos indicadores de desempenho económico (Reis, 2010), por uma das seguintes formas:

- 1) Valor Atual Líquido Económico: benefícios - custos devem ser > 0 , para que o projeto seja viável do ponto de vista económico;
- 2) Rácio Benefícios/Custos: onde benefícios/custos, deve ser > 1 , para que os benefícios se sobreponham aos custos.

Para este estudo foi utilizado o rácio benefícios/custos, e caso o valor apresentado seja superior a 1 (> 1) para o cenário atual, as obras de intervenção que permitem aumentar a resiliência do ecossistema para o futuro, são justificadas. Desta forma interessa comparar os benefícios e custos que levaram à situação atual da praia Azul e da praia de Santa Rita, retomando para isso os resultados apresentados nos subcapítulos 5.2 e 5.3.

Atualmente, na praia Azul observa-se a construção de um paredão para a defesa da praia e uma obra de proteção da arriba que engloba coletores, poços de absorção, inversão de pendentes, reperfilamento, muro de espera e suporte à queda de blocos e rede de encaminhamento à queda de blocos. Estas obras correspondem aos cenários 1 e 6, com custos estimados respetivamente, em 6.599.625,28 € e 613.435,49 €, com o custo total da aplicação desta obra sendo de 7.213.060,77 €. Por sua vez, através do inquérito foram estimados benefícios para a praia Azul no valor de 32.297.260,00 €. Desta forma é possível calcular o rácio benefícios/custos para esta praia, que é de aproximadamente 4,48 o que justifica futuras intervenções.

Atualmente, na praia de Santa Rita observa-se a adoção de um sistema de restauro dunar para a proteção das dunas, podendo ser verificada a presença de sinais de perigo na arriba. Estas obras correspondem aos cenários 11 e 15, com custos estimados respetivamente, em 158.149,29 € e 12.643,71 €, com o custo total da aplicação da obra sendo de 170.793,00 €. Por sua vez, através do inquérito foram estimados benefícios para a praia de Santa Rita no valor de 34.003.425,00 €. Desta forma é possível calcular o rácio benefícios/custos para esta praia, que é de aproximadamente 199,1 o que justifica futuras intervenções. Como é possível observar o valor do rácio benefícios/custos é muito elevado para esta praia, devido ao baixo custo associado às medidas até então implementadas. Este valor demonstra o potencial económico das *Nature-Based Solutions* como medidas acessíveis e que quando bem implementadas se apresentam como uma solução eficaz contra problemas de erosão e inundação.

5.5 Propostas de Intervenção

No presente subcapítulo, serão apresentadas as propostas de intervenção para a praia Azul e para a praia de Santa Rita e sintetizados os principais resultados atrás abordados. Estas propostas tiveram em consideração, a análise custo-benefício da situação atual da praia

Azul e da praia de Santa Rita, a análise de custos para os vários cenários de intervenção propostos e as propostas de melhoria sugeridas pelos inquiridos.

5.5.1 Praia Azul

A praia Azul sofreu recentemente obras de intervenção, como se verifica no subcapítulo 3.2.2.10 no entanto, considerando o agravamento dos efeitos das alterações climáticas, o presente estudo propõe um conjunto de possíveis intervenções adicionais que visam reforçar a resiliência da praia, antecipando os desafios perspectivados para o futuro.

Como mencionado as intervenções realizadas nesta praia, apresentam um rácio benefícios/custos de aproximadamente 4,48, o que justifica as obras de adaptação necessárias à proteção da praia provenientes de efeitos adversos decorrentes das alterações climáticas.

O inquérito realizado permitiu identificar as principais medidas que os inquiridos consideraram essenciais para a melhoria ambiental da praia Azul, evidenciando a necessidade de ações diversificadas que promovam a sustentabilidade, segurança e conforto dos utilizadores. A análise dos resultados revela um consenso em torno de várias iniciativas, que são detalhadas a seguir.

Em primeiro lugar, foi indicada a necessidade de acesso a informação educativa, colocada em locais estratégicos da praia, como forma de sensibilizar a população sobre temas como a preservação das dunas, o impacto do lixo marinho e a importância da biodiversidade local. A instalação de painéis informativos em áreas de grande afluência reforça a educação ambiental e promove comportamentos responsáveis entre os visitantes.

A colocação de mais contentores de resíduos foi também mencionada como medida prioritária, uma vez que facilitaria a separação de resíduos e incentivaria a reciclagem, contribuindo para uma gestão mais eficaz e sustentável dos resíduos sólidos na praia.

Outro ponto relevante foi o reforço da presença do nadador-salvador, sugerido como forma de aumentar a segurança dos utilizadores na praia e prevenir acidentes. Para além da segurança, o nadador-salvador pode desempenhar um papel educativo, promovendo práticas ambientais responsáveis e agindo como uma figura de autoridade que assegure o cumprimento de boas práticas.

No que respeita ao controlo de acesso às zonas da praia, os inquiridos referiram a importância de se recorrer a guardas ou vigilantes, que possam zelar pela conservação do espaço e garantir que as normas ambientais são cumpridas. Esta medida também é vista como uma solução para prevenir a sobrelotação e manter as condições adequadas para o uso da praia.

Relativamente à limpeza da praia, os inquiridos consideraram necessária uma maior frequência da utilização de máquinas de limpeza. Contudo, foi salientado que a limpeza das áreas mais sensíveis, como as dunas, deve ser realizada manualmente, minimizando o impacto sobre os ecossistemas locais.

Para melhorar as condições de conforto e higiene dos utilizadores, os inquiridos referiram a necessidade da instalação de mais casas de banho, duches e locais para lavagem dos pés, assim como a construção de um passadiço no início da praia Azul. Estas medidas visam

atender às necessidades dos visitantes sem descuidar os critérios de sustentabilidade ambiental.

A criação de alternativas de transporte, como a introdução de um minibus, foi também sugerida, visando reduzir o tráfego rodoviário e, conseqüentemente, as emissões de carbono. Esta solução favorece uma abordagem mais sustentável ao acesso à praia, além de beneficiar aqueles que não possuem meios de transporte próprio.

Para dinamizar a praia e atrair mais visitantes, os inquiridos indicaram que a praia poderia oferecer mais atividades de lazer como surf, voleibol e uma loja de artigos de desporto, o que traria mais turismo à região. No entanto, a implementação destas atividades deve ser realizada de forma responsável, cumprindo as normas ambientais em relação ao ruído e à poluição.

A criação de projetos educativos para crianças foi também considerada importante, uma vez que promove desde cedo a literacia ambiental, incentivando as famílias a participarem e a desenvolverem uma cultura de respeito pelo ambiente.

Finalmente, a implementação de vegetação nativa nas dunas e arribas foi proposta como medida essencial para o combate à erosão costeira. Esta iniciativa, deve promover a flora autóctone, de forma a facilitar a estabilização do solo e contribuir para a criação de habitats para diversas espécies, reforçando a biodiversidade local.

De seguida apresentam-se as propostas de intervenção, para aumentar a resiliência da praia Azul.

Na parte sul da praia Azul observam-se dunas bastante erodidas, pelo que uma possível solução a implementar seria a alimentação artificial desta zona (com um custo estimado em 821.888,60 €). Adicionalmente pode ser criada uma barreira de proteção extra, com recurso a um sistema de paliçadas.

Relativamente à arriba, verifica-se que pode ser adicionado um reforço de vegetação à obra atual (com um custo estimado em 101.692,84 €), de forma a aumentar a estabilidade da arriba e melhorar o seu enquadramento paisagístico, com a possibilidade de serem ainda efetuadas obras de saneamento de blocos ou de reperfilamento.

Esta praia trata-se de um exemplo em que a solução de intervenção não assenta apenas num método, mas num conjunto de diferentes métodos, devido às diferentes características da praia, ao longo da sua extensão.

5.5.2 Praia de Santa Rita

A praia de Santa Rita sofreu obras de intervenção no passado, como se descreve no subcapítulo 3.2.2.2. Verifica-se atualmente que esta praia apresenta ainda problemas de erosão e inundação, como se observa através do POC, problemas que se podem agravar devido aos efeitos das alterações climáticas. Neste sentido, o presente estudo propõe medidas que possam mitigar estes efeitos no futuro.

Nesta praia, calculou-se o rácio benefícios/custos para a situação atual, em aproximadamente 199,1, o que evidencia a viabilidade das intervenções de adaptação.

O estudo realizado permitiu identificar diversas medidas para a melhoria ambiental e para a sustentabilidade da praia de Santa Rita. As sugestões sugeridas pelos inquiridos e que se analisam de seguida, refletem uma preocupação com a proteção dos ecossistemas costeiros, a segurança dos utilizadores da praia e a inclusão social, promovendo uma gestão integrada do espaço.

Uma das propostas de maior impacto envolve a realocação do bar de Santa Rita Sul para a foz do afluente do rio Alcabrichel. Esta ação permitiria o crescimento natural das dunas na área sul. Este bar representa atualmente uma barreira ao ciclo de formação das dunas, comprometendo a sua função natural de proteção costeira contra a erosão. A realocação, do bar promoveria a preservação das dunas e reduziria ainda o risco de inundações, podendo evitar custos futuros. Contudo, esta intervenção requer uma análise económica, ambiental e logística detalhada para garantir a sua viabilidade e sustentabilidade.

A instalação de painéis informativos em áreas de grande circulação foi igualmente recomendada como meio de sensibilizar os visitantes sobre a importância das dunas, os impactos do lixo marinho e a biodiversidade local. Esta abordagem educativa visa promover um uso mais responsável da praia e melhorar a consciencialização ambiental.

Outra medida indicada foi a colocação de mais contentores de resíduos, especialmente dedicados à reciclagem. Esta iniciativa facilitaria a gestão adequada de resíduos e incentivaria práticas sustentáveis entre os utilizadores da praia.

Para aumentar a segurança e apoiar boas práticas ambientais, os inquiridos sugeriram o reforço da presença do nadador-salvador ao longo da praia, como forma de prevenir acidentes, proporcionar uma resposta rápida a emergências e atuar como uma figura de autoridade, ajudando a garantir o cumprimento das normas ambientais.

Um maior controlo de acesso às zonas da praia, através de vigilantes, foi outra medida mencionada pelos inquiridos. Esta medida possibilita a monitorização do espaço, evitando a sobrelotação do mesmo e assegurando o cumprimento das regras ambientais, o que é essencial para a manutenção da qualidade ambiental da praia.

Para a limpeza da praia, os inquiridos sugeriram o uso mais frequente de máquinas, mantendo, contudo, uma abordagem manual em áreas sensíveis, como dunas, para minimizar o impacto da limpeza sobre o ecossistema local.

A construção de infraestruturas de acessibilidade para cadeiras de rodas foi ainda apontada como uma medida essencial para garantir um acesso igualitário à praia. Estas infraestruturas não só promovem a inclusão, como ajudam a reduzir o pisoteio das dunas, contribuindo para a sua conservação.

A requalificação do parque de estacionamento foi referida como uma medida importante para minimizar a presença de poeiras e impedir que os visitantes estacionem em áreas ambientalmente sensíveis, como dunas, vegetação nativa e habitats de espécies locais, reduzindo a degradação e pisoteio dessas áreas.

A criação de alternativas de transporte, como a introdução de um minibus, foi igualmente proposta pelos inquiridos, como uma medida que visa reduzir o tráfego rodoviário e as emissões de carbono, além de facilitar o acesso à praia de pessoas sem transporte próprio.

A implementação de projetos de educação ambiental foi destacada como forma de promover a literacia ambiental. Ao envolverem as famílias, estes projetos, promovem a preservação dos ecossistemas e sensibilizam a população sobre práticas sustentáveis.

Entre as sugestões, foi também mencionada a plantação de vegetação nativa nas dunas e arribas para auxiliar o combate à erosão costeira. A utilização de espécies autóctones ajudaria a estabilizar o solo e a criar habitats para proteção da biodiversidade costeira.

Quanto à promoção de atividades de lazer, foram sugeridas modalidades como surf e voleibol, com a criação de uma loja de artigos desportivos. Estas atividades poderiam fortalecer o turismo nesta praia, desde que realizadas dentro de parâmetros ambientais que minimizem a poluição e ruído gerados.

Além disso, os inquiridos relataram episódios de alagamento da ribeira secundária do Alcabrichel, sugerindo a necessidade de monitorizar e limpar os cursos de água na região para evitar problemas futuros.

Por fim, a monitorização contínua do rio Alcabrichel foi recomendada, visto que ocasionalmente, este transporta resíduos agrícolas para o mar. Se futuros estudos confirmarem esta prática, deve implementar-se uma fiscalização ambiental rigorosa para garantir a adoção de boas práticas agrícolas. Alguns exemplos de soluções, para mitigar este problema podem incluir a criação de zonas tampão e a redução da utilização de pesticidas e fertilizantes.

De seguida apresentam-se as propostas de intervenção, para aumentar a resiliência da praia de Santa Rita.

A proposta para esta praia pretende reforçar o sistema dunar existente, de forma a aumentar a sua resiliência face ao agravamento projetado das alterações climáticas. Propõe-se, para atingir este objetivo, o aumento do número de plantas para fixação das dunas e implementação de um sistema de paliçadas, que deve funcionar como barreira adicional, à preservação da areia no ecossistema dunar (com um custo estimado em 553.250,10 €).

Para aumentar a resiliência da porção sul da praia de Santa Rita propõe-se ainda a implementação de obras de alimentação artificial (com um custo estimado em 235.570,95 €), como forma de combater os elevados níveis de erosão e inundação identificados no POC para a área. Poderá ainda proceder-se a um estudo da possível realocização do bar existente nesta zona da praia, de forma a aumentar o potencial de crescimento da duna. Uma outra alternativa a estudar, é a implementação de um motor de areia, em que elementos como o vento poderiam transportar a areia para os locais onde esta é mais crucial, com recurso a restauro passivo.

Para toda a extensão da arriba deve ser reforçada a presença de sinalização de perigo (com um custo estimado em 12.643,71 €), bem como implementar informação sobre os perigos das arribas, de forma a que as populações, não se coloquem em zonas de perigo.

Esta praia, é outro exemplo de que uma solução de intervenção pode não assentar apenas num método, mas num conjunto de vários métodos face às diferentes características da praia ao longo da sua extensão.

6. Conclusão, Limitações e Recomendações Futuras para uma Gestão Integrada do Litoral de Torres Vedras

6.1 Conclusão

Compreender a dinâmica de um ecossistema costeiro é um desafio complexo, seja pelos fatores naturais envolvidos, como por exemplo o clima da região, quer por fatores antrópicos como a urbanização costeira, ou ainda pelos efeitos provenientes das alterações climáticas. Torna-se evidente a necessidade de monitorizar as praias, e garantir que estão adaptadas, de forma a proteger as populações de fenómenos de erosão e inundação, garantindo ainda a manutenção dos serviços de ecossistemas inerentes às zonas costeiras.

Os fenómenos mencionados resultam no recuo da linha de costa e provocam o aumento da exposição de pessoas, bens e património a situações de perigo. Demonstra-se ser imperativo procurar soluções que permitam mitigar estes problemas com o objetivo de proteger a linha de costa.

Da análise realizada, sobre a linha costeira de Torres Vedras, foi possível verificar que a praia com maior risco de inundação e erosão, é a praia de Santa Rita, sendo esta uma das praias com maior dimensão e uma das mais visitadas da região.

Considerando os problemas identificados na praia de Santa Rita, foram sugeridos vários cenários de intervenção, utilizando como comparação as obras de requalificação já realizadas na praia Azul. A praia Azul foi também objeto de estudo de forma a verificar se as medidas existentes são adequadas para os efeitos das alterações climáticas que a praia pode sofrer no futuro. Dos vários cenários estudados para as praias, destacam-se, os cenários de construção de um paredão, a aplicação de restauro dunar e a aplicação pontual de alimentação artificial. Por sua vez para as arribas destacam-se dos vários cenários de intervenção estudados, a cimentação da arriba, a colocação de sinalização e a implementação de vegetação.

Neste estudo foi também utilizado o método da análise custo-benefício que permitiu calcular os benefícios e os custos da situação atual, das praias em estudo.

Na realização da análise de custos foram quantificados os custos de vários cenários, passíveis de aplicar a cada praia em estudo. A análise de custos demonstrou que a implementação de estruturas tradicionais, como defesas aderentes, são soluções mais dispendiosas que soluções de base natural, principalmente no que refere a custos de manutenção.

A quantificação de benefícios foi realizada através do método do custo de viagem, cujos dados foram obtidos através de inquéritos. Através dos inquéritos constatou-se que a maior parte dos inquiridos procuram praias mais naturalizadas, e que demonstram interesse por intervenções que permitam manter essa naturalidade.

Da análise do método custo-benefício foi ainda possível concluir que os benefícios proporcionados pelas praias estudadas são superiores aos custos de aplicação das medidas atualmente em vigor, pelo que possíveis intervenções de adaptação adicionais que permitam aumentar a resiliência destes ecossistemas, são justificadas. Conclui-se pelo exposto que os

métodos de *Nature-Based Solutions* apresentados, são viáveis para a criação de praias resilientes e adaptadas para os desafios futuros.

No final do estudo foram formuladas duas propostas, uma para a praia Azul e outra para a praia de Santa Rita, com recurso aos resultados obtidos através da análise custo-benefício, análise de custos e opiniões dos inquiridos. Foi ainda possível observar que ambas as propostas apresentadas não são o resultado de apenas uma medida, mas de um conjunto de medidas complementares, que em conjunto, oferecem uma resposta eficaz aos desafios verificados para cada praia, num contexto ambiental, social e económico.

Destaca-se ainda que soluções naturais, aparentemente simples, como a alimentação artificial, implementação de sistemas de paliçadas, presença de vegetação e uso de sinalização informativa e educativa, demonstram-se fundamentais para que os sistemas costeiros se tornem mais resilientes e possam continuar a proteger pessoas, bens e ecossistemas, dos efeitos provenientes das alterações climáticas, que se preveem para o futuro.

6.2 Limitações e Recomendações Futuras

No decorrer deste estudo foram identificadas algumas desvantagens ao método do custo de viagem, para o cálculo dos benefícios, uma vez que este método apenas permitiu calcular os benefícios para a situação atual dos ecossistemas em estudo, não sendo possível replicar este processo para todos os cenários idealizados.

A existência de vários outliers, devido ao elevado número de concelhos de residência com apenas um inquirido e ao facto de muitos inquiridos possuírem uma habitação secundária na região em estudo, foi também, uma limitação da metodologia implementada.

É importante que no futuro, se quantifiquem os benefícios da aplicação e dos custos de outros cenários de intervenção, não só nas praias abordadas neste trabalho, mas sim, para todas as praias do concelho de Torres Vedras, de forma a permitir a melhoria contínua da gestão ambiental do litoral do município.

É ainda aconselhado a implementação de um sistema de monitorização ambiental para todas as praias do concelho e para os rios Sizandro e Alcabrichel.

Todas estas medidas podem ser ainda estendidas para outras praias da região do Oeste.

7. Referências Bibliográficas

- agencia ecclesia. (2021). *Evolução da população portuguesa, por distrito, entre 1920 e 2020*. Agência Ecclesia. https://agencia.ecclesia.pt/portal/wp-content/uploads/2021/08/HCF_Evolucao_Historica_Quadros-horizontais_2021_final-2.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2005). *Quadro 1-Estimativa de Custos a) Obras e Intervenções em Espaços Lagunares Edificados*. https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DLPC/POOC/Vilamoura_VRSA_2005/7.PEPI_Quadros.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2019, April 11). *POC Alcobaça - Cabo Espichel: Planos de Intervenção de Praia*. <https://apambiente.pt/agua/poc-alcobaca-cabo-espichel-planos-de-intervencao-de-praia>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021a). *Programa da Orla Costeira Alcobaça - Cabo Espichel*. Agência Portuguesa Do Ambiente. <https://apambiente.pt/node/1423>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021b). *Programas da Orla Costeira*. Agência Portuguesa Do Ambiente. <https://apambiente.pt/agua/programas-da-orka-costeira>
- Agência Portuguesa do Ambiente - Departamento do Litoral e Proteção Costeira. (2024). *Plano de Ação Litoral XXI*. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DLPC/Acao_valorizacao/PAL-XXI_Actualizacao-20240607.pdf
- Alves, A., Ribeiro, C., Lopes, R., Martins, A. S., Bastos, A., Nunes, E., Duarte, F., Silva, I., Lima, P., & Henriques, R. P. (2024). *Ficha Técnica Documento: Plano Municipal de Ação Climática de Torres Vedras [PMAC Torres Vedras] Equipa técnica: Câmara Municipal de Torres Vedras*. <https://www.cm-tvedras.pt/assets/upload/paginas/2024/03/05/pmac-torresvedrasvffev2024/pmactortesvedrasvffev2024.pdf>
- Antunes, C., & Taborda, R. (2009). Sea Level at Cascais Tide Gauge: Data, Analysis and Results. *Source: Journal of Coastal Research*, 1(56), 218-222. <https://www.jstor.org/stable/25737569>
- Bessa, M. (2012). *DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS DE DEFESA COSTEIRA LONGITUDINAIS ADERENTES*. <https://hdl.handle.net/10216/100004>
- Bombeiros Voluntários de Torres Vedras. (2024). *Associação Humanitária Bombeiros de Torres Vedras*. Bombeiros Voluntários de Torres Vedras. <https://bvtorresvedras.pt/area-de-actuacao/>
- Brand, E., Ramaekers, G., & Lodder, Q. (2022). Dutch experience with sand nourishments for dynamic coastline conservation – An operational overview. *Ocean & Coastal Management*, 217, 106008. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.106008>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N.

- Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haïtes, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Câmara Municipal de Cascais. (2010). *ORÇAMENTO PARA A VIA ORIENTAL NO CONCELHO DE CASCAIS - TROÇO 1*. https://www.cascais.pt/sites/default/files/anexos/gerais/new/3_orcamento.pdf
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2006). *Plano Diretor Municipal de Torres Vedras*. https://www.cmtvdata.info/ficheiros/pdm/Vol_II-Complementares/Estudos_Caracterizacao/Estudos_Caracterizacao-Abril_2006.pdf
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2007). *Fauna e Flora*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://www.cm-tvedras.pt/ambiente/conservacao-da-natureza-e-biodiversidade/patrimonio-natural-2/fauna-e-flora>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2015). *Requalificação da Praia de Porto Novo*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://www.cm-tvedras.pt/artigos/detalhes/requalificacao-da-praia-de-porto-novo>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2016). *ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS*. https://www.cm-tvedras.pt/ficheiros/pdfs/00_emaac_torresvedras.pdf
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2018a, February 21). *Obra de proteção costeira de Santa Cruz sul*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://cm-tvedras.pt/agenda/detalhes/78639>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2018b, July 20). *Formosa (ainda) mais Formosa....*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://www.cm-tvedras.pt/artigos/detalhes/formosa-ainda-mais-formosa/>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2019a). *Litoral*. <https://www.cm-tvedras.pt/Ambiente/Litoral>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2019b, June 17). *Praia Azul foi alvo de obras de proteção costeira*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://www.cm-tvedras.pt/artigos/detalhes/requalificacao-da-orla-costeira-do-concelho-chegou-a-praia-azul>
- Câmara Municipal de Torres Vedras. (2024). *Paisagem protegida*. Câmara Municipal de Torres Vedras. <https://www.cm-tvedras.pt/ambiente/conservacao-da-natureza-e-biodiversidade/paisagem-protegida>
- Canhoto, A. (1994). *Análise Custo-Benefício da Barragem do Alqueva* [Trabalho apresentado à Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/87361>
- 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)*. [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/16198>

- Cardona, F. (2019). *Relatório de análises custo-benefício e propostas estruturais de resiliência para o edificado em risco*. https://www.researchgate.net/publication/341663030_Cost_and_Benefit_Analysis_of_Climate_Change_Adaptation_Strategies_in_Coastal_Areas_at_Risk
- Cardona, F. S., Ferreira, J. C., & Lopes, A. M. (2020). Cost and Benefit Analysis of Climate Change Adaptation Strategies in Coastal Areas at Risk. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 764–768. <https://doi.org/10.2112/SI95-149.1>
- Ciampa, F., Seifollahi-Aghmiuni, S., Kalantari, Z., & Ferreira, C. S. S. (2021). Flood Mitigation in Mediterranean Coastal Regions: Problems, Solutions, and Stakeholder Involvement. *Sustainability*, 13(18), 10474. <https://doi.org/10.3390/su131810474>
- Comunidade Intermunicipal do Oeste. (2018a). *Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Oeste*. <https://www.oestecim.pt/505/oeste-piaac>
- Comunidade Intermunicipal do Oeste. (2018b). *PRESENTATION OF THE PROJECT CANDIDATE TO THE “ENVIRONMENT, CLIMATE CHANGE AND LOW CARBON ECONOMY” PROGRAMME*. https://www.eeagrants.gov.pt/media/6550/oesteadapta15dez2020en_compressed.pdf
- Cooper, N. J., & Pontee, N. I. (2006). Appraisal and evolution of the littoral “sediment cell” concept in applied coastal management: Experiences from England and Wales. *Ocean and Coastal Management*, 49(7–8), 498–510. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.04.003>
- CORDIS - EU research results. (2023, April 17). *Soluções baseadas na natureza – benefícios e oportunidades*. CORDIS - EU Research Results. <https://cordis.europa.eu/article/id/421771-nbs-benefits-and-opportunities-wild-et-al-2020/pt>
- Costa, J. (2017). *Avaliação do Risco de Galgamento sobre as estruturas portuárias do porto de Leixões* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/60966>
- CYPE Enginieros. (2024). *CYPE Enginieros, S. A.* <https://www.geradordeprecos.info>
- De Klerck, P. D., & De Baets, B. P. (2020). Assessing the “value” of nature-based solutions at the Belgian coast for sustainable tourism, using a ecosystem-based management approach. *2020 International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change (ICUE)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICUE49301.2020.9306955>
- Della Bella, A., Fantinato, E., Scarton, F., & Buffa, G. (2021). Mediterranean developed coasts: what future for the foredune restoration? *Journal of Coastal Conservation*, 25(5). <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00838-z>
- Diego GONÇALVES, C., & Bertolami, O. (2021). ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, CONTRIBUTOS PARA AS PERCEÇÕES PÚBLICAS. *Ouricuri*, 11, 80–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.29327/ouricuri.11.1-8>
- Duarte, F., António, S., Lopes, M., Moniz, G., Ramos, L., & Taborda, R. (2014). *Gestão da Zona Costeira O Desafio da Mudança* SUMÁRIO EXECUTIVO E RECOMENDAÇÕES Relatório

- do Grupo de Trabalho do Litoral. https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DLPC/ENGIZC/GTL_SE_20141219.pdf
- Duarte, M. (2016). *Requalificação e Valorização da Paisagem do Litoral Oeste de Portugal. Caso de Estudo das Praias da Mexilhoeira e do Seixo*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura Paisagista. <http://hdl.handle.net/10400.5/13393>
- Ecosystem Valuation. (2024). *Travel Cost Method*. EcosystemValuation. https://ecosystemvaluation.org/travel_costs.htm
- ehamptonny.gov. (2024). *Plant Spacing Table*. Ehamptonny.Gov. <https://www.ehamptonny.gov/DocumentCenter/View/1060/Plant-Spacing-Table-PDF>
- Foti, E., Musumeci, R. E., & Stagnitti, M. (2020). Coastal defence techniques and climate change: a review. *Rendiconti Lincei*, 31(1), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s12210-020-00877-y>
- Gómez Martín, E., Giordano, R., Pagano, A., van der Keur, P., & Máñez Costa, M. (2020). Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals. *Science of The Total Environment*, 738, 139693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139693>
- Guerreiro, P. (2013). *Sistemas de saneamento local de baixo custo*. <https://sswm.info/index.php/node/5887>
- homepagejuridica. (2017, August 16). *Calculador do custo de deslocação por Km*. <https://www.homepagejuridica.pt/calculos/custo-deslocacao-por-km>
- Instituto Nacional de Estatística. (2024, July). *Atualização de Valores com Base no IPC, entre meses*. Instituto Nacional de Estatística. <https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ipc>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Technical Summary. In *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (pp. 39–70). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.002>
- jardimseco. (2024). *jardimseco*. <https://www.jardimseco.com/pt/online-store-algarve/Crithmum-maritimum-p186335458>
- Jornal Oficial da União Europeia. (2020). A importância de infraestruturas urbanas e verdes – Ano Europeu das Cidades mais Verdes 2022. *Jornal Oficial Da União Europeia*. <https://www.pactodeautarcas.eu/>
- Kirby, J. A., Masselink, G., Essex, S., Poate, T., & Scott, T. (2021). Coastal adaptation to climate change through zonation: A review of coastal change management areas (CCMAs) in England. *Ocean & Coastal Management*, 215, 105950. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105950>
- Lepesant, G. (2024). Between hard protection measures, nature-based solutions, and managed retreat: Adapting coastal areas to sea level rise in the Netherlands and France. *Zeitschrift Für Vergleichende Politikwissenschaft*, 1, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12286-024-00591-1>
- Lopes, R. (2014). *Gestão Sustentável dos Ecossistemas Costeiros de Torres Vedras, como estratégia de desenvolvimento local. Bases para a criação de uma Reserva Natural Marinha* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa,

- para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/14264>
- Martins, P. (2011). *Contributos para uma História do Ir à Praia em Portugal*. <http://hdl.handle.net/10362/7093>
- Mesuras, T. (2018). *Estratégia de Adaptação de frentes urbanas ao risco de galgamentos e inundações costeiras - O Caso de Estudo do Furadouro (Ovar)* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/62924>
- Miranda, J. (2016). *Proposta para a adoção de uma estratégia de adaptação para frentes urbanas costeiras em risco de litoral de arriba entre Alcobaça e o Cabo Espichel. Contributo para uma política costeira sustentável em cenário de alterações climáticas* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/20040>
- Moore, R., & Davis, G. (2015). Cliff instability and erosion management in England and Wales. *Journal of Coastal Conservation*, 19(6), 771–784. <https://doi.org/10.1007/s11852-014-0359-3>
- Motta Zanin, G., Muwafu, S. P., & Máñez Costa, M. (2024). Nature-based solutions for coastal risk management in the Mediterranean basin: A literature review. *Journal of Environmental Management*, 356, 120667. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120667>
- Neves, D. (2009). *Utilização de um sistema de informação geográfica na modelação numérica de propagação de ondas em zonas portuárias* [Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Mestrado em Ciências Geofísicas, Especialização em Oceanografia. Repositório da Universidade de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10451/3564>
- Nicholls, R. J., Townend, I. H., Bradbury, A. P., Ramsbottom, D., & Day, S. A. (2013). Planning for long-term coastal change: Experiences from England and Wales. *Ocean Engineering*, 71, 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.01.025>
- Novo Pombo, R., Cornelis Roebeling, P., Daniel Borges Coelho, C., & Sancho, F. (2021). *ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E VIABILIDADE DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO MULTIFUNCIONAL(T4) Análise custo-benefício da melhor solução técnica e conjunto de soluções alternativas – Relatório 11*. www.lnec.pt
- Nunes, A. (2017). *A avaliação da sustentabilidade das infraestruturas de defesa costeira com recurso à utilização de veículos aéreos não tripulados e modelação 3D* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/28054>
- Pereira, D. (2022). *A IMPORTÂNCIA DA LITERACIA OCEÂNICA NA ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: VULNERABILIDADE DO LITORAL DE PENICHE* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade

- Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/160433>
- Pires, P. (2022). *RESTAURO ECOLÓGICO DE SISTEMAS DUNARES SOB PRESSÃO Contributo para um Modelo de Gestão de Base Ecológica na Praia da Adiça* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/152614>
- planfor. (2024). *planfor*. planfor.pt
- promessedefleurs. (2024). *promessedefleurs*. <https://www.promessedefleurs.ie/perennials/perennials-by-variety/armeria-sea-thrift/armeria-welwitschii-sea-thrift.html>
- Ramos, N. (2021). *Proposta metodológica de baixo custo para monitorização de arribas potencialmente instáveis: Aplicação no estudo do litoral de Torres Vedras* [Relatório de Estágio apresentado à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, realizado no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território. Repositório Aberto da Universidade do Porto]. <https://hdl.handle.net/10216/134793>
- Ramos, T. (2011). *ESTUDO DA REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE DEFESA COSTEIRA - Casos de estudo do Mindelo, Norte do Furadouro e Torreira* [Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica. Repositório Aberto da Universidade do Porto]. <https://hdl.handle.net/10216/61734>
- Ramos-Pereira, A., & Angelucci, D. E. (2005). Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. *Evolução Geohistórica Do Litoral Português e Fenómenos Correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*, 221–256. <https://www.researchgate.net/publication/287643053>
- Reis, E. (2010). *Evolução da linha de costa e defesa das zonas costeiras: Análise custo/benefício*. <http://hdl.handle.net/10773/4059>
- Ribeiro, P. (2013). *ÊXODO URBANO, GENTRIFICAÇÃO RURAL E O FUTURO DA PAISAGEM* [Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura Paisagística. Repositório da Universidade de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10400.5/6335>
- Rosa, M. (2013). *Contributo para o Estudo da Evolução das Arribas no Litoral de Torres Vedras: Monitorização por Fotogrametria Aérea e Terrestre*. <http://hdl.handle.net/10451/9590>
- Santos, C. J., Andriolo, U., & Ferreira, J. C. (2020). Shoreline response to a sandy nourishment in a wave-dominated coast using video monitoring. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/W12061632>
- Silva, S. (2012). *Gestão de Praias da Costa de Caparica. A capacidade de carga, o valor da onda, a segurança e informação* [Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil do Ordenamento do Território e Impactes Ambientais. Repositório da Universidade Nova]. <http://hdl.handle.net/10362/7586>

- Speybroeck, J., Bonte, D., Courtens, W., Gheschiere, T., Grootaert, P., Maelfait, J.-P., Mathys, M., Provoost, S., Sabbe, K., Stienen, E. W. M., Lancker, V. Van, Vincx, M., & Degraer, S. (2006). Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(4), 419–435. <https://doi.org/10.1002/aqc.733>
- Teixeira, S. B. (2016). Beach nourishment as a hazard mitigation tool on beaches backed by rocky cliffs on the Barlavento coast (Algarve, Portugal). *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 16(3), 327–342. <https://doi.org/10.5894/rgci683>
- transparencia.gov.pt. (2023). *Projeto Portugal 2020*. Transparencia.Gov.Pt. https://transparencia.gov.pt/pt/fundos-europeus/pt2020/beneficiarios-projetos/projeto/POSEUR-03-2215-FC-000109/#project_financing_benef_id
- Ventín, P., & Marín, L. (2019). *What does Nature give us? Towards Nature-based Solutions in the Mediterranean*. https://iucn.org/sites/default/files/2022-07/towards_nature-based_solutions_in_the_mediterranean.pdf
- Vieira, B. (2018). *Técnicas de estabilização das arribas da costa portuguesa* [Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Repositório da Universidade de Lisboa]. <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mec/dissertacao/1409728525632430>
- Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E., & Anfuso, G. (2018). The management of coastal erosion. *Ocean & Coastal Management*, 156, 4–20. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2017.03.022>

8. Anexos

8.1 Anexo 1

Anexo 1 - Medidas adicionais disponibilizadas pela EMAAC (2016), para o combate às Alterações Climáticas.

Opções de adaptação/mitigação	Opções de adaptação/mitigação
Identificar e programar o abandono de áreas edificadas expostas à subida do nível do mar e em leito de cheia	Potenciar a diversificação da produção agrícola e florestal face à alteração das condições edafoclimáticas resultantes das alterações climáticas
Reduzir o risco sobre as áreas edificadas a manter	Potenciar o aproveitamento turístico do município em virtude do aumento da temperatura, atenuando os efeitos da sazonalidade e diversificando a oferta
Incorporar o risco nos instrumentos de planeamento de forma a garantir uma progressiva compatibilização dos usos com os fatores de risco	Implementar plano de sensibilização e comunicação sobre alterações climáticas, incluindo a possibilidade de uma das atividades extracurriculares no 1.º Ciclo ser sobre a temática
Planear a realocação e o sistema construtivo de infraestruturas e equipamentos localizados em zonas vulneráveis, como a orla costeira	Criar sistema autónomo de comunicações de emergência
Melhorar a capacidade de resposta dos espaços públicos urbanos aos eventos climáticos, incorporando no desenho soluções adaptativas	Criar soluções de produção e armazenamento local de energia para acudir a situações de interrupção de abastecimento devido a eventos extremos
Reforçar a importância e as condições de funcionamento dos corredores verdes, com destaque para aqueles que integram os sistemas urbanos	Implementar Plano Municipal de Gestão da Água
Criar fundo ou seguro de mutualização do risco, que abranja os usos e as atividades cuja localização comporte custos adicionais de manutenção em função do risco associado	Desenvolver estratégia municipal de proteção da natureza e promoção da biodiversidade
Aumentar a resiliência e/ ou a capacidade adaptativa de edifícios e estruturas afetas a atividades económicas, como estufas e pecuárias, através de soluções técnicas e construtivas	Promover a integração da problemática das alterações climáticas de forma transversal nas diversas áreas de atuação municipal
Reforçar a resiliência dos sistemas dunares de forma a garantir a proteção da costa	
Elaborar plano de drenagem para a cidade de Torres Vedras	
Implementar sistema municipal de alerta de risco eminente associado a eventos climáticos extremos	
Implementar as medidas e ações previstas no PMDFCI relativas ao aumento da resiliência face ao risco de incêndio	

Figura 8.1 - Opções de adaptação/mitigação para o combate às alterações climáticas.
Fonte: Câmara Municipal de Torres Vedras (2016).

8.2 Anexo 2

Anexo 2 - POC da praia Azul e POC da praia de Santa Rita.

**FICHA DE PROPOSTA**

Nome da Praia	Azul
Concelho	Torres Vedras
Plano de Intervenção em Praia	TV-P17
Tipologia de Praia	Periurbana
Faixa de Salvaguarda	Sim
Zonas de Apoio Banhear (programadas)	2

Apoios e Equipamentos Programados	
APC - Apoio de Praia Completo	2
APS - Apoio de Praia Simples	
APM - Apoio de Praia Mínimo	
EAP - Equipamento com funções de apoio de praia	
E - Equipamento	
AC - Apoio Complementar	



Proposta de intervenção

Equipamentos e apoios

- Relocalização do APC 2

Referência/código		Proposta				
Código POACCE	Código do POOC	Tipologia	Tipo de construção			Localização
		POOC (conforme nomenclatura POACCE)	Proposta	Atual	Proposta	
APC 1	PE3L7	APC	Manter	Mista/Ligeira sobrelevada	Manter	Manter
APC 2	PE3L1	APC	Manter	Mista	Adaptar: Ligeira sobrelevada	Relevar: RL2

Os Equipamentos e Apoios de Praia que ainda não se tenham adaptado aos POOC estão ainda obrigados a cumprir o disposto nos Anexos II e III do Regulamento de Gestão das Praias Marítimas e da Orla Costeira Alcobça – Cabo Espichel.

Estacionamento e Acessos

Estacionamento e Acessos
- Requalificar estacionamento

Nota: Os novos acessos serão definidos em função da nova localização dos apoios e do estacionamento.

Outras intervenções

- Áreas a requalificar - Recuperação Dunar

Figura 8.2 - POC da praia Azul. Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (2019).



8.3 Anexo 3

Anexo 3 - Visualização das áreas em estudo obtidas com recurso ao programa Google Earth Pro, e utilizadas para a execução dos cálculos, relativos a cada cenário, para a praia Azul e para a praia de Santa Rita.



Figura 8.4 - Visualização aérea e delimitação de áreas para a praia Azul.
Fonte: Produzido por Tiago Coelho (2024).



Figura 8.5 - Visualização aérea e delimitação de áreas para a praia de Santa Rita.
Fonte: Produzido por Tiago Coelho (2024).

8.4 Anexo 4

Anexo 4 - Cálculos efetuados para os cenários de custos desenvolvidos.

Estimativa de visitas a cada praia

Azul - capacidade de 3400 pessoas/dia

Santa Rita (Norte e Sul) - capacidade de $2800 \times 2 = 5600$ pessoas/dia

Azul - $3400 : 3 \times 90 = 102000$ visitas/ano

Santa Rita - $5600 : 3 \times 90 = 168000$ visitas/ano

Ambas as praias - $168000 + 102000 = 270000$ visitas/ano

Praia Azul - Dunas/Areal

Cenário 1 - Construção do Paredão na Praia Azul

Preço/m³ de paredão x comprimento do paredão = $10009,80 \times 201 = 2.011.969,80$ €.

Obtenção dos custos de manutenção:

$$Cd = \sum_{i=0}^n l \times Cm \times (1 + r)^i$$

$$Cd = 8 \times 201 \times 2252,20 \times (1 + 0,03)^8 = 4.587.655,48 \text{ €}$$

Custo Total = Custos de Investimento Inicial + Custos de Manutenção = $2.011.969,80 + 4.587.655,48 = 6.599.625,28$ €

Cenário 2 - Adaptação do Paredão da Praia Azul às Alterações Climáticas

Volume de paredão a acrescentar = Área x Altura = $1161 \times 1,2 = 1393,2$ m³

Preço de 1 m³ de betão armado: 100 €

$100 \times 1393,2 = 139.320$ €

Proteção do talude (paralelepípedo triangular):

Área antes da intervenção = $(5,72 \times 5,72) : 2 \times 201 = 3.288,20$ m³ (aproximadamente)

Área depois da intervenção = $(7 \times 7) : 2 \times 201 = 4.924,50$ m³

$4.924,50 - 3.288,20 = 1.636,30$ m³

$1.636,30 \times 319,46 = 522.732,40$ €

Preço total = $139.920 + 522.732,40 = 662.652,40$ €

Cenário 3 - Demolição do Paredão e substituição do mesmo por uma estratégia de Restauro Dunar na Praia Azul

Demolição do paredão

$$1161 \text{ m}^2 \times 5,72 \text{ m} = 6641 \text{ m}^3$$

$$6641 \times 175,09 \text{ €} = 1.162.772,69 \text{ €}$$

Demolição da estabilização do paredão

$$3.288,20 \times 175,09 = 575.730,94 \text{ €}$$

Restauro Dunar

$$14.860 + 9.219 + 121.131 = 145.210 \text{ m}^2$$

$$145.210 \times 3,81 = 553.250,10 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo Total} &= \text{Demolição do Paredão} + \text{Demolição da Estabilização do Paredão} + \\ &\quad \text{Instalação de um sistema de Restauro Dunar} = 1.162.772,69 + 575.730,94 \\ &\quad + 553.250,10 = 2.291.753,73 \text{ €} \end{aligned}$$

Cenário 4 - Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar (inicialmente) na Praia Azul

Reutilizando os cálculos do cenário 3, verifica-se que as dunas da Praia Azul, têm aproximadamente uma área de 145.210 m², e que cada m², de intervenção com restauro Dunar custa 3,81 €.

Restauro Dunar (apenas)

$$14.860 + 9.219 + 121.131 = 145.210 \text{ m}^2$$

$$145.210 \times 3,81 = 553.250,10 \text{ €}$$

Cenário 5 - Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia Azul

$$\text{Para 100\%} = 7,51 \text{ m}^3 \times 145.210 = 1.090.527,10 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} \text{Para 50\%} &= 7,51 \text{ m}^3 \times 145.210 \times 0,50 + 3,81 \times 145.210 \times 0,50 = 545.263,55 + 276.625,05 = \\ &821.888,60 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para 20\%} &= 7,51 \text{ m}^3 \times 145.210 \times 0,20 + 3,81 \times 145.210 \times 0,80 = 218.105,42 + 442.600,08 = \\ &660.705,50 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para 10\%} &= 7,51 \text{ m}^3 \times 145.210 \times 0,10 + 3,81 \times 145.210 \times 0,90 = 109.052,71 + 497.925,09 = \\ &606.977,80 \text{ €} \end{aligned}$$

Praia Azul - Arriba

Cenário 6 - Obra atual da arriba (Praia Azul)

Coletor - considerando que deve existir um coletor a cada 50 metros, e a arriba tem 542 metros de comprimento e menos de 50 metros de altura:

$$542: 50 = 10,84 = 11 \text{ coletores (aproximadamente)}$$

$$11 \times 50,09 = 550,99 \text{ €}$$

Poços de absorção - considerando novamente uma distância média de 50 metros entre poços de absorção:

$$8691: 50 = 173,82 = 174 \text{ poços de absorção (aproximadamente)}$$

$$174 \times 58,20 = 10.126,80 \text{ €}$$

Inversão de Pendentes - é adotada uma distância de 50 metros entre estes sistemas:

$$542: 50 = 10,84 = 11 \text{ inversões de pendentes (aproximadamente)}$$

$$11 \times 41,41 = 455,51 \text{ €}$$

Reperfilamento - Considera-se que o reperfilamento será feito em toda a área da arriba, com uma profundidade de 50 cm:

$$10,35 \times 8691 \times 0,50 = 44.975,93 \text{ €}$$

Muro de Espera e Suporte à Queda de Blocos - ao longo do comprimento da arriba:

$$542 \times 91,83 = 49.771,86 \text{ €}$$

Rede de Encaminhamento à Queda de Blocos - em toda a área da arriba.

$$58,40 \times 8691 = 507.554,40 \text{ €}$$

Custo Total = 613.435,49 €

Cenário 7 - Cimentação da arriba na Praia Azul

Área da arriba a intervencionar = $7811 + 880 = 8691 \text{ m}^2$

Opção 1

$$8691 \times 0,50 \times 817,55 = \mathbf{3.552.663,53 \text{ €}}$$

Opção 2

$$8691 \times 0,20 \times 817,55 + 8691 \times 0,30 \times 467,17 = 1.421.065,41 + 1.218.052,34 = \mathbf{2.639.117,75 \text{ €}}$$

Cenário 8 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia Azul

Comprimento da arriba a intervir = $459 + 83 = 542$ m

$542 : 50 = 11$ (aproximadamente), devendo ser instalados 11 sinais

Preço da obra

$11 \times 343,03 = 3.773,33$ €

$11 \times 92,96 = 1.022,56$ €

$3.773,33 + 1.022,56 = 4.795,89$ €

Cenário 9 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia Azul

Considerando que a arriba a intervir possui 8691 m^2 , e se pretende alcançar uma densidade de 2 plantas por m^2 , importa numa primeira instância definir o número de plantas e a sua distribuição (em %):

$8691 \times 2 = 17382$ plantas

Assim, serão necessárias de cada espécie de planta:

Ulex europaeus (Tojo)

$17382 \times 0,25 = 4345,5 = 4346$ plantas

$4346 \times 4,65 = 20.208,90$ €

Frankenia laevis

$17382 \times 0,10 = 1738,2 = 1738$ plantas

$1738 \times 4,55 = 7.907,90$ €

Crithmum maritimum (perrexil-do-mar, funcho-do-mar)

$17382 \times 0,15 = 2607,3 = 2607$ plantas

$2607 \times 6,02 = 15.694,14$ €

Armeria welwistchii subsp. cinérea (erva-divina)

$17382 \times 0,20 = 3476,4 = 3476$ plantas

$3476 \times 6,90 = 23.984,40$ €

Helichrysum decumbens (helicriso)

$17382 \times 0,30 = 5214,6 = 5215$ plantas

$5215 \times 6,50 = 33.897,50$ €

Preço Total: 101.692,84 €

Praia de Santa Rita - Dunas/Areal

Cenário 10 - Construção do Paredão na Praia de Santa Rita

Comprimento do hipotético paredão a instalar na praia de Santa Rita:

$$547 + 135 = 682 \text{ m.}$$

Custo do Paredão a instalar

$$10009,80 \times 682 = \mathbf{6.826.683,60 \text{ €}}$$

Obtenção dos custos de manutenção:

$$Cd = \sum_{i=0}^n l \times Cm \times (1 + r)^i$$

$$Cd = 8 \times 682 \times 2252,20 \times (1 + 0,03)^8 = \mathbf{15.566.074,81 \text{ €}}$$

Custo Total = Custos de Investimento Inicial + Custos de Manutenção:

$$6.826.683,60 + 15.566.074,81 = \mathbf{22.392.758,41 \text{ €}}$$

Cenário 11 - Aplicação de uma estratégia de Restauro Dunar na Praia de Santa Rita

Reutilizando os cálculos do cenário 4 (da praia Azul), e verificando-se que as dunas da Praia de Santa Rita, têm aproximadamente uma área de 41.509 m²:

$$41.509 \times 3,81 = \mathbf{158.149,29 \text{ €}}$$

Cenário 12 - Aplicação de uma estratégia de Recuperação Dunar, com aplicações pontuais de Alimentação Artificial na Praia de Santa Rita

$$\text{Para } 100\% = 7,51 \text{ m}^3 \times 41.509 = \mathbf{311.732,59 \text{ €}}$$

$$\text{Para } 50\% = 7,51 \text{ m}^3 \times 41.509 \times 0,50 + 3,81 \times 41.509 \times 0,50 = 155.866,30 + 79.074,65 = \mathbf{235.570,95 \text{ €}}$$

$$\text{Para } 20\% = 7,51 \text{ m}^3 \times 41.509 \times 0,20 + 3,81 \times 41.509 \times 0,80 = 62.346,52 + 126.519,44 = \mathbf{188.865,96 \text{ €}}$$

$$\text{Para } 10\% = 7,51 \text{ m}^3 \times 41.509 \times 0,10 + 3,81 \times 41.509 \times 0,90 = 31.173,26 + 142.334,37 = \mathbf{173.507,63 \text{ €}}$$

Praia de Santa Rita - Arriba

Cenário 13 - Obra da arriba para a Praia de Santa Rita (replicando a obra da arriba da Praia Azul)

Área de arriba a intervencionar = $8334 + 3624 + 1934 + 7736 + 16449 + 21121 = 59198$ m², divididas em 2 porções, uma com 13892 m² e uma segunda com 45306 m².

A arriba tem um comprimento a intervencionar = $209 + 68 + 616 + 207 + 107 + 187 = 1394$ m divididas em 2 porções, uma com 277 m e outra com 1117 m, considera-se que a altura média da arriba é de 50 m.

Coletor - considerando que deve existir um coletor a cada 50 metros, com uma arriba tendo 277 metros de comprimento e a outra arriba 1117 metros:

Arriba 1 possui $277 : 50 = 5,54 = 6$ coletores (aproximadamente)

$6 \times 50,09 = 300,54$ €

Arriba 2 possui $1117 : 50 = 22,34 = 23$ coletores (aproximadamente)

$23 \times 50,09 = 1.152,07$ €

Total de custos com coletores: **1452,61 €**

Poços de absorção - considerando novamente uma distância média de 50 metros entre poços de absorção:

Arriba 1 possui $13892 : 50 = 277,84 = 278$ poços de absorção (aproximadamente)

$278 \times 58,20 = 16.179,60$ €

Arriba 2 possui $45306 : 50 = 906,12 = 907$ poços de absorção (aproximadamente)

$907 \times 58,20 = 52.787,40$ €

Total de custos com poços de absorção: **68.967,00 €**

Inversão de Pendentes - é adotada uma distância de 50 metros entre estes sistemas:

Arriba 1 possui $277 : 50 = 5,54 = 6$ inversões de pendentes (aproximadamente)

$6 \times 41,41 = 248,46$ €

Arriba 2 possui $1117 : 50 = 22,34 = 23$ inversões de pendentes (aproximadamente)

$23 \times 41,41 = 952,43$ €

Total de custos com inversão de pendentes: **1.200,89 €**

Reperfilamento – Considerando que o reperfilamento será feito em toda a área da arriba, com uma profundidade de 50 cm:

Arriba 1 possui $10,35 \times 13892 \times 0,50 = 71.891,10 \text{ €}$

Arriba 2 possui $10,35 \times 45306 \times 0,50 = 234.458,55 \text{ €}$

Total de custos com o reperfilamento: **306.349,65 €**

Muro de Espera e Suporte à Queda de Blocos – ao longo do comprimento da arriba:

Arriba 1 possui $277 \times 91,83 = 25.436,91 \text{ €}$

Arriba 2 possui $1117 \times 91,83 = 102.574,11 \text{ €}$

Total de Custos com o muro de espera e suporte à queda de blocos: **5.436.152,34 €**

Rede de Encaminhamento à Queda de Blocos - em toda a área da arriba.

Arriba 1: possui $13892 \times 58,40 = 811.292,80 \text{ €}$

Arriba 2: possui $45306 \times 58,40 = 2.645.870,40 \text{ €}$

Custo total com a rede de encaminhamento à queda de blocos: **3.457.163,20 €**

Custo da obra para a **Arriba 1: 925.349,41 €**

Custo da obra para a **Arriba 2: 3.037.794,96 €**

Custo Total da Obra: = 3.963.144,37 €

Cenário 14 - Cimentação da arriba na Praia de Santa Rita

Opção 1

Para a Arriba 1 tem-se $13892 \times 0,50 \times 817,55 = 5.678.702,30 \text{ €}$

Para a Arriba 2 tem-se $45306 \times 0,50 \times 817,55 = 18.519.960,15 \text{ €}$

Preço total para a opção 1 = 24.198.662,45 €

Opção 2

Para a Arriba 1 tem-se $13892 \times 0,20 \times 817,55 + 13892 \times 0,30 \times 467,17 = 2.271.480,92 + 1.946.977,70 = 4.218.458,62 \text{ €}$

Para a Arriba 2 tem-se $45306 \times 0,20 \times 817,55 + 45306 \times 0,30 \times 467,17 = 7.407.984,06 + 6.349.681,21 = 13.757.665,27 \text{ €}$

Preço total para a opção 2 = 17.976.123,89 €

Cenário 15 - Deixar a arriba sem intervenção (nua), e apenas com sinalética (não realização de obras) na Praia de Santa Rita

Arriba 1

277: 50 = 6 (aproximadamente), devendo ser instalados 6 sinais

Preço da intervenção de sinalização na arriba 1

$$6 \times 343,03 = 2.058,18 \text{ €}$$

$$6 \times 92,96 = 557,76 \text{ €}$$

$$2.058,18 + 557,76 = \mathbf{2.615,94 \text{ € para a Arriba 1}}$$

Arriba 2

1117: 50 = 23 (aproximadamente), devendo ser instalados 23 sinais

Preço da intervenção de sinalização na arriba 2

$$23 \times 343,03 = 7.889,69 \text{ €}$$

$$23 \times 92,96 = 2.138,08 \text{ €}$$

$$7.889,69 + 2.138,08 = \mathbf{10.027,77 \text{ € para a Arriba 2}}$$

Custo Total da Obra: 12.643,71 €

Cenário 16 - Estabilização da arriba com Vegetação na Praia de Santa Rita

Considerando que as arribas em questão possuem para a arriba 1 - 13892 m² e para a arriba 2 - 45306 m², e se pretende alcançar uma densidade de 2 plantas por m². O número de plantas é dado por:

$$\text{Arriba 1} - 13892 \times 2 = 27784 \text{ plantas}$$

$$\text{Arriba 2} - 45306 \times 2 = 90612 \text{ plantas}$$

Assim, de cada planta serão necessárias:

Arriba 1

Ulex europaeus (Tojo)

$$27784 \times 0,25 = 6946 = 6946 \text{ plantas}$$

$$6946 \times 4,65 = 32.298,90 \text{ €}$$

Frankenia laevis

$$27784 \times 0,10 = 2778,4 = 2778 \text{ plantas}$$

$$2778 \times 4,55 = 12.639,90 \text{ €}$$

Crithmum maritimum (perrexil-do-mar, funcho-do-mar)

$$27784 \times 0,15 = 4167,6 = 4168 \text{ plantas}$$

$$4168 \times 6,02 = 25.091,36 \text{ €}$$

Armeria welwistchii subsp. cinérea (erva-divina)

$27784 \times 0,20 = 5556,8 = 5557$ plantas

$5557 \times 6,90 = 38.343,30$ €

Helichrysum decumbens (helicriso)

$27784 \times 0,30 = 8335,2 = 8335$ plantas

$8335 \times 6,50 = 54.177,50$ €

Preço Total para a arriba 1: 162.550,96 €

Arriba 2

Ulex europaeus (Tojo)

$90612 \times 0,25 = 22653 = 22653$ plantas

$22653 \times 4,65 = 105.336,45$ €

Frankenia laevis

$90612 \times 0,10 = 9061,2 = 9061$ plantas

$9061 \times 4,55 = 41.227,55$ €

Crithmum maritimum (perrexil-do-mar, funcho-do-mar)

$90612 \times 0,15 = 13591,8 = 13592$ plantas

$13592 \times 6,02 = 81.823,84$ €

Armeria welwistchii subsp. cinérea (erva-divina)

$90612 \times 0,20 = 18122,4 = 18122$ plantas

$18122 \times 6,90 = 125.041,80$ €

Helichrysum decumbens (helicriso)

$90612 \times 0,30 = 27.183,6 = 27184$ plantas

$27184 \times 6,50 = 176.696,00$ €

Preço Total para a arriba 2: 530.125,64 €

Por sua vez a obra toral terá um custo de **692.676,60 €**.

8.5 Anexo 5

Anexo 5 - Análise do inquérito.



Figura 8.6 - Proveniência da visita à praia

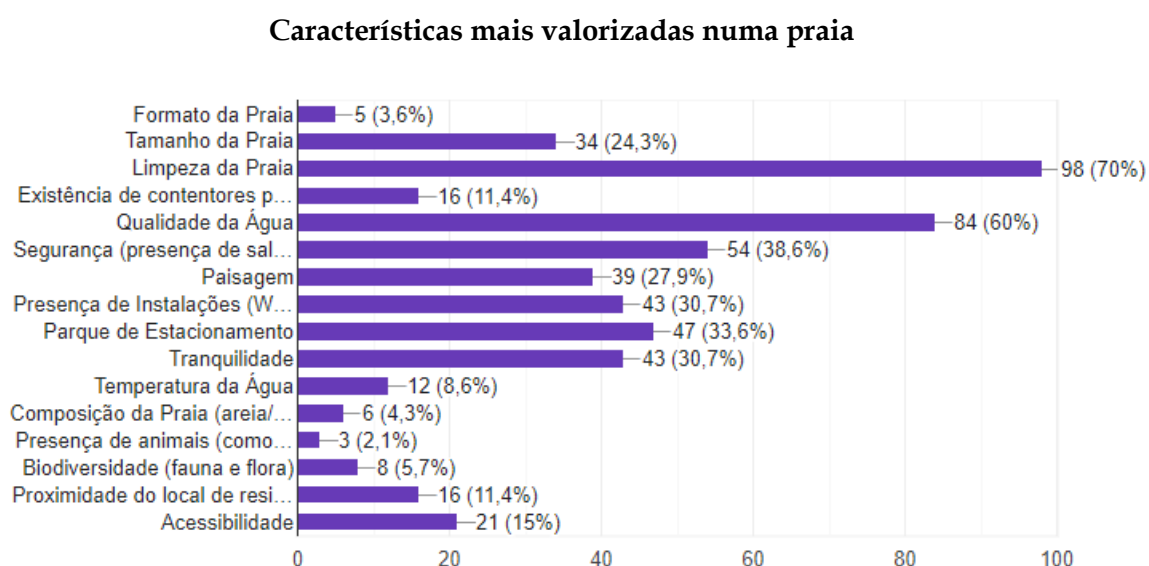


Figura 8.7 - Características mais valorizadas numa praia pelos inquiridos

Medidas mais importantes para a proteção das praias

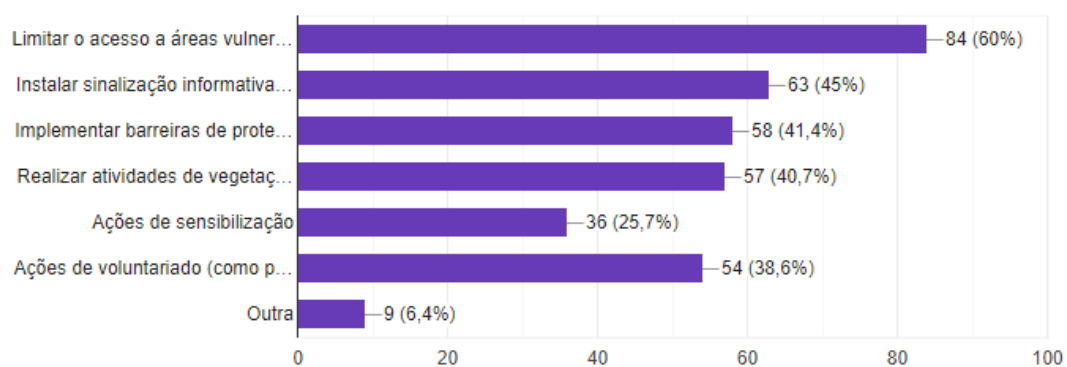


Figura 8.8 - Medidas consideradas pelos inquiridos como mais importantes para proteção das praias

8.6 Anexo 6

Anexo 6 - Inquérito aplicado online e presencialmente nas praias de Santa Rita e Azul.

INQUÉRITO

Desenvolvimento de uma Análise Custo-Benefício com vista a melhorar a resiliência dos ecossistemas costeiros face às Alterações Climáticas (2024)

Exmas. Senhoras,

Exmos. Senhores,

A resposta a este inquérito demora 3 minutos e é muito importante para valorizar e proteger os valores costeiros de Torres Vedras, nomeadamente da Praia de Santa Rita e da Praia Azul. Agradecemos antecipadamente o tempo dispensado para o preenchimento deste inquérito.

Pretendemos obter informações sobre o valor que os utilizadores dão aos ecossistemas costeiros da Praia de Santa Rita e da Praia Azul, percebendo o que mais valorizam numa praia. Os inquéritos deverão ser respondidos por pessoas que frequentam a praia de Santa Rita e/ou a praia Azul no Município de Torres Vedras.

O inquérito servirá para obter respostas para a adoção de medidas que possam melhorar a resiliência dos ecossistemas costeiros face às Alterações Climáticas, nomeadamente a proteção da costa da subida do nível médio da água do mar e de eventos extremos como tempestades, que têm o potencial de provocar graves efeitos de erosão e de inundação.

Garantimos o anonimato das suas respostas que serão utilizadas exclusivamente para fins científicos, sendo analisadas de forma agregada. Estes dados serão utilizados numa Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Preencha por favor as seguintes informações, referentes à viagem efetuada para aceder à praia.

1- Qual a sua idade?

☐ Menos de 18 ☐ 18 - 24 ☐ 25 - 34 ☐ 35 - 44 ☐ 45 - 54 ☐ 55 - 64 ☐ +65

2- Qual o seu género?

☐ Feminino ☐ Masculino ☐ Outro ☐ Prefiro não dizer

3- Qual o seu nível de escolaridade?

☐ 4ª Classe ☐ 9º Ano ☐ 12º Ano ☐ Licenciatura ☐ Mestrado ☐ Doutoramento ☐ Outro

4- Qual a sua Nacionalidade?

☐ Portuguesa ☐ Outra

5- Caso tenha respondido "Outra" na pergunta anterior, indique qual a sua nacionalidade

6- A que praia/praias, se refere ao preencher este inquérito?

☐ Praia de Santa Rita ☐ Praia Azul ☐ Ambas as praias

7- Quanto tempo gasta na sua viagem (estimativa em horas) para aceder à praia? (exemplo: 00:15 ou 01:00)

8- Qual a distância percorrida (estimativa em km ou m) para aceder à praia? (exemplo: 50 km ou 300 m)

9- Qual o Concelho em que habita? (residência permanente)

10- Qual o Código Postal da sua zona de habitação? (residência permanente)

11- Qual o número de pessoas que compõem o seu grupo de praia?

12- Qual o meio de transporte utilizado para a deslocação à praia?

- ☐ Carro elétrico
☐ Carro a combustão (diesel)
☐ Carro a combustão (gasolina)
☐ Autocarro
☐ Comboio
☐ Bicicleta
☐ A pé
☐ Outro

13- Caso tenha respondido "Outro" na pergunta anterior, indique qual o meio de transporte utilizado.

- 14- Quais os custos de viagem com o meio de transporte (estimativa em €), tendo em consideração a distância percorrida, até à praia? (exemplo: 20 €)
-
- 15- Indique que valor gasta (estimativa em €) com outros custos de viagem (como por exemplo portagens)
- ☐ 0 €
 - ☐ 0 - 2 €
 - ☐ 2 - 5 €
 - ☐ 5 - 10 €
 - ☐ 10 - 15 €
 - ☐ 15 - 20 €
 - ☐ 20 - 25 €
 - ☐ +25 €
- 16- Qual o seu número médio de visitas por ano à praia?
- ☐ 1
 - ☐ 2 - 3
 - ☐ 4 - 5
 - ☐ 6 - 7
 - ☐ 8 - 14
 - ☐ +14
- 17- Como avalia a Qualidade Ambiental da praia? (qualidade do areal, qualidade da limpeza da praia em geral, qualidade da água, segurança, o acesso e o estacionamento, informação geral)
- ☐ Muito Bom
 - ☐ Bom
 - ☐ Aceitável
 - ☐ Não Aceitável
- 18- Se questionado para valorizar uma hora despendida na viagem, qual o valor que lhe atribuiria? (utilize como referência, para a sua estimativa, o valor da sua hora laboral em €, sabendo que com um salário mínimo de 820 € em Portugal, se recebe por hora 4,65 €)
- ☐ 4 - 8 €
 - ☐ 8 - 12 €
 - ☐ 12 - 16 €
 - ☐ 16 - 20 €
 - ☐ +20 €
- 19- Na sua deslocação à praia, vem da sua residência permanente, residência secundária ou alugou alojamento?
- ☐ Residência Permanente
 - ☐ Residência Secundária
 - ☐ Aluguei alojamento no local (hotel, pensão, campismo, alojamento local, outro)

20 - Se selecionou a opção "Aluguei alojamento no local", na pergunta anterior indique o tipo de alojamento.

Caso não o tenha feito prossiga para a pergunta 23.

- ☐ Alojamento Local
- ☐ Hotel
- ☐ Residenciais, Pensões, Pousadas
- ☐ Campismo
- ☐ Outro

21 - Qual o número de noites/dias que pretende ficar? (exemplo: 2)

22- Em média quanto gastou no alojamento alugado? (valor aproximado)

- ☐ 0 – 50 €
- ☐ 50 – 100 €
- ☐ 100 – 150 €
- ☐ 150 – 300 €
- ☐ 300 – 500 €
- ☐ 500 – 700 €
- ☐ 700 – 1000 €
- ☐ 1000 – 1500 €
- ☐ 1500 – 2000 €
- ☐ + 2000 €

23- Quais as características que mais valoriza numa praia

(Assinale as que mais valoriza)(Assinale no máximo 4 opções)

- ☐ Formato da Praia
- ☐ Tamanho da Praia
- ☐ Limpeza da Praia
- ☐ Existência de contentores para resíduos (lixo)
- ☐ Qualidade da Água
- ☐ Segurança (presença de salva-vidas, sinalização)
- ☐ Paisagem
- ☐ Presença de Instalações (WC, restaurantes, lojas, duches, área de jogos)
- ☐ Parque de Estacionamento
- ☐ Tranquilidade
- ☐ Temperatura da Água
- ☐ Composição da Praia (areia/seixo/outro)
- ☐ Presença de animais (como cães)
- ☐ Biodiversidade (fauna e flora)
- ☐ Proximidade do local de residência
- ☐ Acessibilidade

24- Tendo em conta, o estado atual da praia, gostaria de ver as dunas/areal:

- ☐ como estão
- ☐ mais artificializados
- ☐ mais naturalizados

25- Se as dunas/areal fossem mais artificializados iria à praia:

- ☐ mais vezes (o dobro das vezes)
- ☐ igual número de vezes
- ☐ menos vezes (metade das vezes)

26- Se as dunas/areal fossem mais naturalizados iria à praia:

- ☐ mais vezes (o dobro das vezes)
- ☐ igual número de vezes
- ☐ menos vezes (metade das vezes)

27- Tendo em conta, o estado atual da praia, gostaria de ver a arriba:

- ☐ como está
- ☐ mais artificializada (cimentação)
- ☐ mais naturalizada (só com sinalização)
- ☐ mais naturalizada (com vegetação)

28- Se a arriba fosse mais artificializada iria à praia:

- ☐ mais vezes (o dobro das vezes)
- ☐ igual número de vezes
- ☐ menos vezes (metade das vezes)

29- Se a arriba fosse mais naturalizada iria à praia:

- ☐ mais vezes (o dobro das vezes)
- ☐ igual número de vezes
- ☐ menos vezes (metade das vezes)

30 - Quais as medidas que considera mais importantes para a proteção das praias (arribas/areal)?

(Assinale as que mais valoriza) (Assinale no máximo 3 opções)

- ☐ Limitar o acesso a áreas vulneráveis
- ☐ Instalar sinalização informativa e educativa
- ☐ Implementar barreiras de proteção
- ☐ Realizar atividades de vegetação e/ou reflorestação e estabilização
- ☐ Ações de sensibilização
- ☐ Ações de voluntariado (como por exemplo de limpeza)
- ☐ Outra

31- Caso tenha respondido “Outra” na pergunta anterior, indique qual.

32- Estaria disposto a pagar uma taxa de entrada para visitar uma praia se esse valor fosse destinado à conservação e manutenção de ecossistemas costeiros?

- ☐ Sim
- ☐ Não

33 - Caso tenha alguma sugestão ou comentário, sobre este estudo, pode utilizar este campo para a escrever.

34 - Caso deseje receber as respostas/conclusões deste estudo, por favor deixe-nos o seu endereço de e-mail.

Ao submeter as suas respostas está a conceder o seu consentimento para participar neste inquérito.

Obrigado pela sua participação.



<2024>

TIAGO LAVADINHO COELHO

Soluções com base na natureza para uma adaptação sustentável
e resiliente a fenómenos de erosão e galgamento costeiro
O caso do Litoral de Torres Vedras