



FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Francisco Miguel da Graça Neves

**MODIFICAÇÕES INDUZIDAS PELOS PASSADIÇOS
NAS DINÂMICAS NATURAIS DA DUNA FRONTAL**

**O CASO DA PRAIA DA TOCHA (REGIÃO
CENTRO LITORAL DE PORTUGAL)**

Dissertação de Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território (MGFAOT), orientada pelo Professor Doutor Luca Antonio Dimuccio e pelo Professor Doutor António Campar de Almeida, apresentada ao Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

Janeiro de 2024

FACULDADE DE LETRAS

MODIFICAÇÕES INDUZIDAS PELOS PASSADIÇOS NAS DINÂMICAS NATURAIS DA DUNA FRONTAL

O CASO DA PRAIA DA TOCHA (REGIÃO CENTRO LITORAL DE PORTUGAL)

Ficha Técnica

Tipo de trabalho	Dissertação
Título	Modificações induzidas pelos passadiços nas dinâmicas naturais da duna frontal
Subtítulo	O caso da Praia da Tocha (Região Centro Litoral de Portugal)
Autor	Francisco Miguel da Graça Neves
Orientadores	Professor Doutor Luca Antonio Dimuccio Professor Doutor Antonio Campar de Almeida
Júri	Presidente: Doutor Albano Augusto Figueiredo Rodrigues Vogais: 1. Doutor Pedro José Miranda da Costa 2. Doutor Luca Antonio Dimuccio
Identificação do Curso	2º Ciclo em Geografia Física
Área científica	Geografia
Especialidade/Ramo	Ambiente e Ordenamento do Território
Data da defesa	22-01-2024
Classificação	17 valores

1 2 9 0



FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Agradecimentos

Aos orientadores, Professores Doutores Luca Antonio Dimuccio e António Campar de Almeida, agradecer imenso pelos seus inúmeros conselhos, orientações no trabalho de campo/gabinete e dicas essenciais dadas durante a realização da investigação em todas as suas vertentes, para além da sua prontidão em esclarecer as minhas dúvidas que iam surgindo no decurso da elaboração desta dissertação de mestrado.

Ao Professor Doutor Rui Ferreira Figueiredo, apesar de não ser um dos meus orientadores oficiais, agradecer pela sua disponibilidade, ao longo da minha investigação, em auxiliar nos diversos processamentos dos dados geográficos obtidos no campo e posterior fornecimento atempado dos mesmos, para além da sua ajuda fundamental na recolha no terreno de muitas imagens aéreas obtidas através do seu drone particular.

Aproveito também para agradecer ao próprio Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (DGT/FLUC) pela disponibilização dos equipamentos necessários e indispensáveis à recolha e tratamento dos dados para levar a bom porto esta investigação.

Agradecer à minha família (mãe, irmão e tio) pelo apoio sempre demonstrado na realização desta dissertação (principalmente pela experiência do meu irmão, por já ter também concretizado um trabalho desta natureza, e do meu tio por ser um professor universitário que está familiarizado na tarefa de orientação em dissertações de mestrado), assim como aos restantes amigos pelo incentivo constante em progredir com esta tarefa, sobretudo nas alturas mais complicadas, de forma a poder concluir com sucesso o mestrado de especialização em Geografia Física.

RESUMO

A presente dissertação, inserida nos planos de estudo correspondente ao segundo ano do Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território (MGFAOT), da Universidade de Coimbra, enquadra-se no eixo temático mais geral da Gestão Integrada das Zonas Costeiras, tendo como principal objetivo analisar e debater sobre os impactes induzidos, a vários níveis, pela recente renovação e requalificação de um vasto conjunto de passadiços na Praia da Tocha (Região Centro Litoral de Portugal). Estes passadiços correspondem a infraestruturas pedonais em madeira, transversais e longitudinais ao sistema praia-duna local, que permitem o acesso e a circulação das pessoas aos diferentes setores da praia.

De modo a concretizar esta investigação, tendo sempre em consideração a localização e a configuração geométrica dos passadiços de acesso pedonal e de circulação que atualmente existem na Praia da Tocha, antes de mais selecionaram-se três áreas-amostra (Zonas A, B, C). De seguida, em cada uma destas zonas, foram aplicadas as seguintes abordagens analíticas: (1) caracterização morfológica do sistema praia-duna local, com a respetiva cartografia, suportada pelas observações de campo recorrentes e pelo processamento e análise de um mosaico de fotografias aéreas obtidas com um drone, integrados em um sistema de informação geográfica (SIG); (2) elaboração de múltiplos perfis topográficos sazonais e transversais ao sistema praia-duna (durante quase um ano), utilizando um GPS (*Global Position System*) portátil com correção diferencial; (3) identificação da vegetação dunar, através do trabalho de campo; (4) análise da evolução temporal da linha de costa e da base da duna frontal, através da comparação visual entre 6 fotografias aéreas retiradas do *Google Earth Pro* para o intervalo 2006-2022; (5) registo fotográfico do sistema praia-duna, realizado durante todas as visitas de campo.

A comparação entre os perfis topográficos produzidos para o mesmo troço, em períodos distintos, geralmente logo a norte e a sul dos principais passadiços selecionados neste trabalho, juntamente com a descrição das formas de relevo identificadas e a análise temporal da variabilidade espacial da linha de costa e da base da duna frontal, permitiram inferir sobre as dinâmicas naturais (erosão/acreção sedimentar) que caracterizam o sistema praia-duna na área de estudo e assim averiguar sobre a magnitude da sua variabilidade sazonal. A identificação do tipo de vegetação dunar existente serviu para determinar o grau de estabilidade da duna frontal, tendo sempre em consideração o seu papel fundamental na manutenção deste sistema natural.

Os resultados obtidos apontam para a continuação de um balanço sedimentar positivo nesta praia, isto é, sobrepôs-se, em número e frequência, os segmentos de acreção à erosão de sedimentos ao longo dos diversos perfis topográficos estudados.

Em última análise, os resultados alcançados com esta investigação permitiram identificar as principais problemáticas relacionadas com a presença dos passadiços na Praia da Tocha e assim foi possível elaborar todo um conjunto de propostas de mitigação, tais como a redução em número desses mesmos passadiços e o reforço das paliçadas. Verificou-se que alguns dos passadiços analisados foram mesmo mal colocados em termos de orientação em relação aos ventos dominantes, sendo que favorecem o aumento em tamanho dos corredores eólicos já existentes ou mesmo a formação de novos. De facto, à escala local, estas formas de relevo possibilitam (a médio prazo) uma aceleração dos processos erosivos, por ação do vento, na face da duna frontal.

Palavras-chave: geomorfologia da duna frontal; passadiços; vegetação dunar; dinâmica do sistema praia-duna; propostas de mitigação

ABSTRACT

Modifications induced by the walkways on the natural dynamics of the foredune. The case of Praia da Tocha (Central Coastal Region of Portugal).

This dissertation, inserted in the study plans of the second year of the Master's Degree in Physical Geography – Environment and Spatial Planning (MGFAOT) at the University of Coimbra, falls within the more general thematic axis of Integrated Management of Coastal Zones, having as main objective to analyze and debate the impacts induced, at various levels, by the recent renovation and requalification of a vast set of walkways in Praia da Tocha (Central Coastal Region of Portugal). These walkways correspond to wooden pedestrian infrastructures, transversal and longitudinal to the local beach-dune system, which allow access and movement of people to different sectors of the beach.

To carry out this investigation, always considering the location and geometric configuration of the pedestrian access and circulation walkways that currently exist in Praia da Tocha, three key areas were selected (A, B, C). Then, in each of these areas, the following analytical approaches were applied: (1) morphological characterization of the local beach-dune system, with the respective cartography, supported by recurrent field observations and the processing/analysis of a mosaic of aerial photographs obtained with a drone, integrated into a geographic information system (GIS); (2) elaboration of multiple seasonal topographic profiles across the beach-dune system (for almost a year), using a portable GPS (Global Position System) with differential correction; (3) identification of the dune vegetation, through fieldwork; (4) analysis of the temporal evolution of the coastline and the base of the foredune, through visual comparison between six aerial photographs taken from Google Earth Pro for the period 2006-2022; (5) photographic record of the beach-dune system, carried out during all field visits.

The comparison between the topographic profiles produced for the same section in different periods, generally just to the north and south of the main walkways selected in this work, together with the description of the identified landforms and the temporal analysis of the spatial variability of the coastline and the base of the foredune, allowed us to infer the natural dynamics (erosion/sediment accretion) that characterize the beach-dune system in the study area and therefore investigate the magnitude of its seasonal variability. Identifying the type of existing dune vegetation served to determine the degree of stability of the foredune, always considering its main role in maintaining this natural system.

The obtained results point to the continuation of a positive sediment balance on this beach, that is, the segments of accretion and erosion of sediments overlapped in number and frequency along the different topographic profiles studied.

Ultimately, the results achieved with this investigation made it possible to identify the main problems related to the presence of walkways at Praia da Tocha. Thus, it was possible to develop a whole set of mitigation proposals, such as reducing the number of these walkways and reinforcing the palisades. It was found that some of the walkways analyzed were poorly placed in terms of orientation to the prevailing winds, favouring the increase in size of existing wind corridors or even the formation of new ones. In fact, on a local scale, these landforms enable (in the medium term) an acceleration of erosion processes due to the action of the wind on the face of the frontal dune.

Keywords: foredune geomorphology; beach walkways; dune vegetation; beach-dune system dynamic; mitigation proposals

ÍNDICE

Agradecimentos	3
Resumo	4
Abstract	6
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Estado da arte	9
1.2 Objetivos principais do trabalho	10
1.3 Perguntas para responder com a investigação	11
2 ÁREA DE ESTUDO	12
2.1 Localização e caracterização fisiográfica da Praia da Tocha	12
2.2 Contexto biogeográfico	17
3 METODOLOGIAS UTILIZADAS	19
3.1 No campo	19
3.2 No gabinete	22
4 RESULTADOS	24
4.1 Perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna.....	24
4.2 Esboços geomorfológicos das áreas-amostra	32
4.3 Vegetação dunar	44
4.4 Evolução temporal da Praia da Tocha (2006-2022)	46
5 DISCUSSÃO	49
5.1 Comparação dos perfis topográficos	49
5.2 Análise das formas de relevo	51
5.3 Passadiços e propostas de mitigação	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6.1 Tentativa de respostas às perguntas prévias	57
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

1.1 Estado da arte

O litoral da Região Centro de Portugal, assim como acontece para a generalidade das zonas costeiras nacionais (e não só), corresponde a territórios de grandes conflitos, sobretudo em termos socioeconómicos e ambientais, caracterizando-se por uma moderada a muito elevada fragilidade geomorfológica que se relaciona com os mais diversos processos erosivos que atuam na dependência de um oceano Atlântico altamente energético (pelo menos, em certas alturas específicas do ano) e a uma crescente diminuição do aporte sedimentar às praias que deveria chegar dos principais rios nacionais que desaguam mais a norte (Gomes et al., 2006; Romão, 2014; Santos et al., 2017). Tudo isto, conjugado com uma desarmonizada pressão antrópica sobre o litoral (3/4 da população nacional tende-se a concentrar nas proximidades das regiões costeiras), impõe a necessidade de realizar uma monitorização regular, possivelmente contínua, das dinâmicas naturais que caracterizam estes espaços geográficos, mesmo naquelas zonas onde não existem (ainda...!) grandes obras de engenharia costeira, para que se possa projetar e adotar uma gestão territorial mais sustentável e condizente com o efetivo estado dinâmico (erosão/acreção) de cada troço de território costeiro em causa (Romão, 2014; Santos et al., 2014).

Os sistemas dunares, quando existem integralmente, representam a primeira barreira de defesa costeira em relação ao avanço do mar (sob a forma de ondulação ou as marés) e, por isso, devem ser protegidos e supervisionados com frequência, já que se trata de sistemas naturais altamente dinâmicos e sensíveis aos sucessivos temporais (ou até mesmo tempestades extratropicais muito severas que, esporadicamente, podem desviar-se da sua rota normal em águas mais quentes e atingem a costa portuguesa – e.g., o Leslie ou o Ciclone de 1941), oriundos do Atlântico (Williams, 2018; Eichentopf et al., 2019), e que em Portugal continental afetam o litoral nas várias estações do ano (em particular, Outono e Inverno). Trata-se de ambientes igualmente muito sensíveis ao pisoteio humano e à excessiva antropização da linha de costa, sendo que uma desajustada expansão urbana pode vir a exercer cada vez maior pressão no sistema nas suas paisagens naturais (Ferreira, 2023).

Importa referir que cerca de 60% da costa portuguesa continental (943 km de extensão total) é constituída por praias arenosas de costa baixa com sistemas dunares associados, mais ou menos desenvolvidos (Pinto et al., 2020; Lourenço et al., 2013). Nos últimos decénios, a monitorização das suas dinâmicas tem representado uma tarefa essencial para averiguar sobre um possível estado de erosão da duna frontal induzido pela pressão antrópica ou por processos naturais intensificados num quadro de prováveis alterações climáticas (Ruessink et al., 2018; Jackson et al., 2011, 2020; Lapietra et al., 2022).

Ao longo da zona litoral de Portugal Continental, muitas praias correspondem a espaços de lazer cada vez mais procurados, o que, claramente, acarreta uma maior pressão antrópica (Lourenço et al., 2013), tornando-se assim necessária a implementação de infraestruturas de acesso pedonal para regularizar e controlar estes fluxos de pessoas de forma a evitar o pisoteio desmedido das dunas. No entanto, a instalação destas infraestruturas, na maioria dos casos, são concretizadas pelos autarcas locais de turno sem que tenha havido um estudo prévio de exequibilidade e sustentabilidade a curto e médio prazo da obra (Medeiros et al., 2014; Almeida, 2011).

De facto, o entendimento das dinâmicas naturais que caracterizam uma praia arenosa com dunas deveria constituir (sempre!) o suporte de conhecimentos necessários e imprescindíveis para uma correta e informada tomada de decisão em matéria de políticas de gestão eficaz e ordenamento destes territórios sensíveis a vários fatores. Neste contexto, justifica-se plenamente a escolha do tema de trabalho desta dissertação onde, na prática, se pretende averiguar o “estado de saúde” do cordão dunar da Praia da Tocha, tanto por ser uma praia do litoral centro muito frequentada, como pelo facto que muito recentemente os passadiços locais terem sido renovados e requalificados.

Alguns estudos prévios que abordam as questões relacionadas com as dinâmicas sedimentares foram realizados na Praia da Tocha (Ferreira, 1998; Menezes, 2011), mas sem que haja uma grande alusão aos possíveis efeitos de infraestruturas antrópicas instaladas sobre a duna frontal ou a interpretação das formas geomorfológicas e da importância do tipo de vegetação presente. Uma vez mais, justifica-se a realização de uma investigação mais atualizada que pode servir para colmatar as lacunas de conhecimento científico existentes relativamente a esta praia de grande envergadura e visitável na região centro litoral de Portugal.

1.2 Objetivos principais do trabalho

Este estudo enquadra-se no processo de investigação associado à elaboração de uma dissertação de mestrado em Geografia Física, na Universidade de Coimbra (UC), cujo principal objetivo é avaliar e determinar as eventuais modificações induzidas pela recente renovação e requalificação (obras levadas a cabo entre os finais de 2021 até meados de 2022) de um vasto conjunto de passadiços nas dinâmicas naturais da duna frontal que caracteriza a Praia da Tocha (Região Centro de Portugal). Estes passadiços correspondem a estruturas pedonais elevadas, em madeira, de acesso à praia, permitindo igualmente a circulação de pessoas à distância da linha de costa. Com direções longitudinais e perpendiculares à linha de costa (ou paralelas e perpendiculares ao sistema praia-duna), estas estruturas ainda exibem, em alguns casos pontuais, as mais antigas por

baixo das atuais, sendo que grande parte delas já se encontram tapadas pelas areias de origem eólica.

Mais especificamente, a comparação entre perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna, adquiridos em períodos distintos (durante quase um ano), para o mesmo trecho, vai permitir inferir sobre as atuais dinâmicas naturais do sistema, com particular ênfase para a identificação das fases de erosão e de acreção sedimentar e da magnitude da sua variabilidade sazonal. A identificação da vegetação dunar será fundamental para o entendimento do grau de estabilidade da duna frontal e, juntamente com as observações realizadas em termos de evolução temporal da área em estudo e da sua caracterização morfológica (produção de 3 esboços geomorfológicos), permitirá identificar as principais problemáticas relacionadas com a presença dos passadiços e assim elaborar algumas propostas de mitigação.

1.3 Perguntas para responder com a investigação

- Quais são as alterações geomorfológicas atualmente induzidas no sistema praia-duna relacionadas com a recente instalação e renovação dos novos passadiços de acesso pedonal à praia da Tocha?
- Será que a presença destes passadiços provoca algum tipo de impacto negativo a curto ou médio prazo na dinâmica litoral, acelerando uma possível erosão da duna frontal na Tocha?
- Será que a vegetação, em redor dos passadiços, recebe a quantidade suficiente de areia nova para estimular, de forma contínua, a construção e manutenção da duna frontal?
- Caso seja demonstrado que estes passadiços determinam a deterioração das condições naturais da duna frontal, de que forma será possível solucionar este problema?

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização e caracterização fisiográfica da Praia da Tocha

Integrada no setor costeiro Quiaios-Mira (uma região apelidada por “costa de prata”), no litoral centro de Portugal, uma parcela da costa portuguesa com mais de 18 000 hectares relativamente estável, à exceção da região de Mira, a área de estudo corresponde à Praia da Tocha (**Fig.1**), com 1,5 km de extensão e uma praia arenosa com bandeira azul em relação à sua qualidade reconhecida em época balnear, pertencente ao Distrito de Coimbra, no Município de Cantanhede.

A Praia da Tocha pertence a uma zona litoral com relativa estabilidade no que toca à erosão costeira, visto que, em teoria, não sofre influência direta dos esporões de Mira, permitindo que haja uma acreção, ou manutenção, sedimentar estável e regular (Menezes, 2011). No entanto, esta praia já apresenta um grau de antropização bastante significativo materializado por diversas edificações marginais ao mar e algumas indústrias piscatórias nas proximidades, o que pode vir a exercer alguma pressão nas dunas presentes nesta faixa litoral. Trata-se de um pedaço de costa arenosa do tipo baixo, com uma duna frontal bem desenvolvida e altura variável em média entre 12 e 20 m, considerando o ponto mais alto correspondente à crista da duna (de acordo com os valores obtidos nos perfis topográficos realizados no âmbito desta investigação).

Para concretizar este estudo foram selecionadas três áreas-amostra (Zonas A, B, C – **Fig. 1**) em três zonas distintas no cordão dunar que atravessa a Praia da Tocha. O setor mais meridional (A) apresenta-se com uma vegetação muito exuberante, densa e bastante diversificada em termos de espécies, porventura devido ao facto desta se encontrar numa porção da praia aparentemente mais selvagem, isto é, está mais afastada e protegida da pressão antrópica. Pelo contrário, no setor mais setentrional (C) a vegetação é menos vigorosa, muito mais dispersa e menos diversificada. Neste setor (C), as dunas aparentam ser mais recentes e baixas (em fase de construção), em comparação com as dos outros dois setores (A e B), com a presença de muitas barreiras de paliçadas de madeira na base da duna frontal para auxiliar no processo de acumulação natural da areia eólica. Já o setor intermédio (B) corresponde à parte mais central do cordão dunar com características muito semelhantes às descritas para o setor (A) e no qual se destacam duas dunas isoladas separadas por grandes corredores eólicos, tendo sido o lugar onde foi criado o acesso principal à Praia da Tocha.

O território adjacente à Praia da Tocha, mais no interior, sempre foi extremamente florestal, estando atualmente ocupado por uma paisagem praticamente despida de vegetação arbórea densa muito por culpa dos graves incêndios de outubro 2017 que dizimaram esta região (Diário de Notícias, 2017; Viegas et al., 2019). A título de curiosidade, também é possível observar-se, no imediato, cerca de 14 ventoinhas ou turbinas gigantes montadas nas proximidades à área de estudo mais para o

interior, que servem para efeitos de exploração das energias renováveis em Portugal Continental, neste caso através captação do vento (energia eólica), visto que por diversas vezes é, sem dúvida, um local bastante ventoso e apresenta uma topografia acessível para a fixação destas estruturas. De salientar, também, a existência da arte xávega na Tocha, uma prática bastante comum e frequente de se assistir na parte central do areal durante o verão – trata-se de um tipo de pesca artesanal e regional muito característica e comum de se praticar em múltiplas praias a sul de Espinho.



Figura 1 - Mapa relativo à localização geográfica de toda a Praia da Tocha (**Fonte:** Google Earth Pro).

No contexto regional, a deriva litoral apresenta-se com um sentido predominante N-S (Gonçalves et al., 2022). A ondulação principal, tal como a direção do vento, são principalmente do quadrante NW (exceto em sequências de temporais, podendo alternar entre SW e W), com uma intensidade bem elevada em certas alturas específicas do dia (em especial à tarde). Este vento forte e persistente é tipicamente denominado por Nortada (Ribeiro, 2006; Vieira et al., 2020). O regime de maré local é do tipo mesomareal e semidiurna, ou seja, ocorrem 2 marés completas por dia e apresenta uma amplitude de maré que pode variar entre os 2 e 4 metros (Gonçalves et al., 2022).

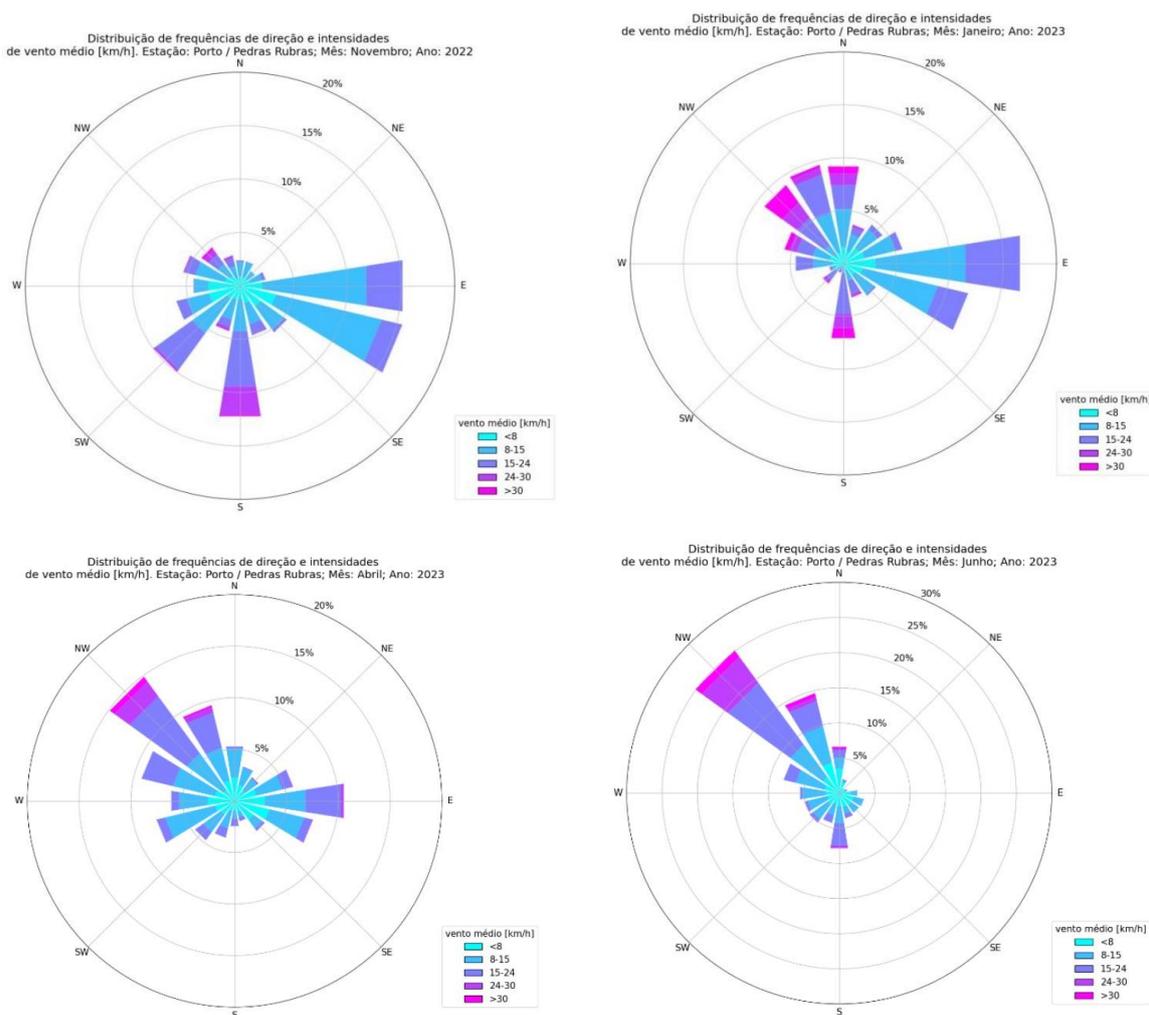


Figura 2 – Diagramas em rosa relativos à distribuição da direção e intensidade média mensal do vento registrados na estação metereológica do Porto. Embora sabemos que a orientação e a intensidade média do vento na área de estudo pode mudar ligeiramente a respeito da região do Porto, estes são os dados mais próximos disponíveis gratuitamente. Gráficos retirados dos boletins climatológicos mensais do IPMA (2022, 2023).

A principal origem dos sedimentos que ajudou a formar estas vastas praias arenosas do litoral centro vieram do Rio Douro, por ser o maior rio, a norte desta localização, em território nacional com capacidade e força (caudal) para transportar este material, que são distribuídos ao longo da costa através da deriva litoral (Santos et al., 2017). No entanto, atualmente este rio tem demasiadas barragens (têm mais de 60 em toda a sua bacia hidrográfica distribuídas entre Portugal e Espanha) e comportas na extensão do seu percurso sinuoso que prejudicam bastante o transporte natural das areias porque há retenção dos sedimentos nas albufeiras e deposição nas margens devido à falta de força na sua corrente, havendo por isso um grande défice no balanço sedimentar nas praias imediatamente a sul da Foz do Douro. Para além da regularização (ou redução) do caudal dos principais rios nacionais, estes são os principais fatores determinantes para a existência da erosão costeira que se verifica em vários pontos da costa portuguesa com os imensos esporões mal construídos a contribuir negativamente neste processo (Dias et al., 1994; Ferreira, 1993, 1998; Santos et al., 2014).

Em termos geológicos (**Fig. 3**), a área de estudo fica inserida na Orla Meso-Cenozoica Ocidental Portuguesa, que, por sua vez, materializa os preenchimentos sedimentares da Bacia Lusitânica (Mesozoica) e da Bacia Cenozoica do Mondego (Soares et al., 1986; Kullberg et al., 2006; Pais et al., 2012, 2013). Em termos litológicos, em redor e na própria área de estudo destacam-se os afloramentos de duas unidades sedimentares de períodos geológicos distintos (Plio-Plistocénico e Holocénico) que materializam praias antigas e terraços fluviais, assentes no substrato mesozoico. Em termos geomorfológicos, a área de estudo caracteriza-se por ser uma zona de baixa altitude, bem aplanada e de grande homogeneidade relativamente às formas de relevo. A superfície mais elevada (100 m) integra o extenso planalto de Cantanhede-Ançã e as plataformas denominadas por Murtede-Cordinhã e Gordos-Meco (Dinis, 2004; Dimuccio, 2014). Francamente quaternários, os depósitos modernos das Areias de Arazede e de Cantanhede, constituídos por areias de praia, duna e aluviões, afloram com cotas máximas que podem variar entre os 50 e 90 m (Barbosa et al., 2008).

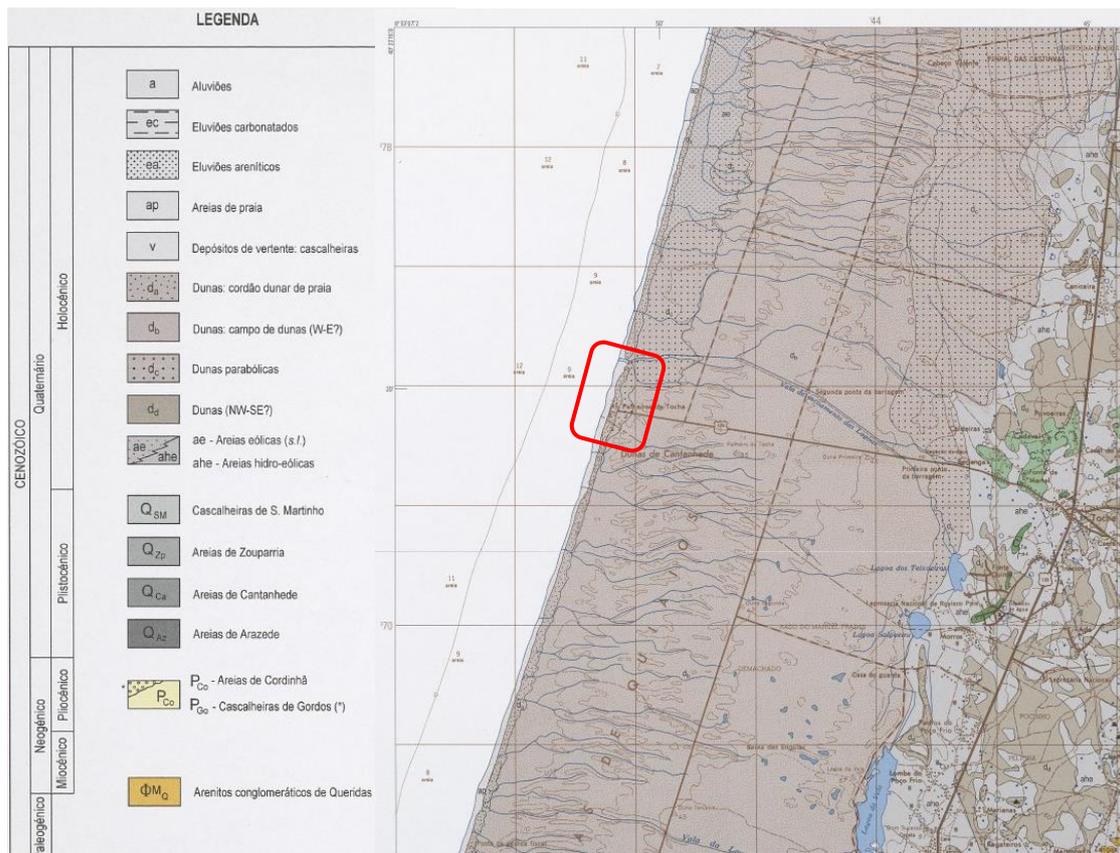


Figura 3 – Mapa geológico alusivo à área de estudo em contexto regional (Retirado da Folha 19-A, Cantanhede, da Carta Geológica de Portugal, 1/50.000 – Barbosa et al., 2008).

Na área de estudo (assinalada no mapa da Figura 3 com o nome de Palheiros da Tocha), afloram areias de praia e de dunas, a partir das quais se formou o atual cordão dunar móbil que atualmente atravessa a Tocha. A norte da área de estudo, de acordo com a carta geológica, existem algumas áreas consideráveis cobertas por dunas parabólicas. Tudo isto faz parte integrante da plataforma das Dunas de Cantanhede, que são um vasto campo dunar, de origem eólica, assente mais para o interior desta área geográfica, e que desde a década de trinta do séc. XX se encontrava coberto por grandes pinhais, com o intuito de impedir a progressão dessas areias ainda mais para leste, para não prejudicar a qualidade dos solos para cultivar nos campos agrícolas (Danielsen, 2008).

As areias eólicas (areias finas e bem calibradas, siliciclásticas) acabaram por cobrir várias superfícies destas formações acima descritas, dando lugar a uma grande planície denominada por Gândara, também identificada como a Plataforma Cantanhede-Mira. Estas areias definem, nesta área de estudo, um extenso cordão dunar quase ininterrupto desde Espinho até Quiaios, ficando atualmente com uma orientação NNE-SSW (Romão, 2014). Já as areias de praia que compõem o

extenso areal e que estão em contacto regular com a água do mar são, na sua maioria, areias médias a grosseiras do tipo siliciclásticas. As dunas que encontramos na Tocha são consideradas depósitos modernos do Holocénico, um período geológico inserido no Quaternário que se iniciou logo após o último período glacial (desde 11,7 mil anos atrás), por isso podem ser designadas por dunas holocénicas (Dias et al., 1994; Barbosa et al., 2008). A formação deste sistema dunar deveu-se à existência de um forte e intenso transporte eólico da praia para o seu interior aliado ao aparecimento espontâneo e à capacidade da vegetação costeira em reter estas areias de forma contínua e paralela à praia (Romão, 2014; Ferreira, 1998).

O clima geralmente associado ao Centro Litoral de Portugal é do tipo temperado mediterrânico, mas com uma forte influência do oceano Atlântico Norte, que lhe confere um carácter mais ameno e menos tórrido (Vieira et al., 2020). De forma geral, o clima de Portugal Continental descrito por norma devia apresentar uma época bem húmida e fresca em contraste com um verão bastante quente e seco, mas nem sempre é exatamente assim porque há variabilidade inter-anual associada ao clima mediterrânico (Vieira et al., 2020).

2.3 Contexto Biogeográfico

O tipo de vegetação que nasce espontaneamente nas dunas (bem como as suas raízes) tem um papel crucial na sua construção, estabilização e manutenção a longo prazo, daí a necessidade de ser incorporado este tipo de inventariação (Costas et al., 2022, 2023).

Posto isto, a vegetação existente no cordão dunar que caracteriza o litoral da região centro de Portugal Continental, com algumas espécies espacialmente distribuídas de forma inconstante e outras com uma sequência bem definida no seu alinhamento transversal ao sistema praia-duna (Almeida, 1995) (**Fig. 4**), são as seguintes:

- O **Feno-das-areias** (*Elymus farctus*) e a **Eruca-marinha** (*Cakyle maritima*) encontram-se dispersas e a despontar de forma espontânea/aleatória na praia média e nas rampas de pré-duna frontal, sendo que são visíveis na 1ª fase da construção de uma pré-duna frontal e são espécies de dimensões pequenas.
- Os **Cordeirinhos-da-praia** (*Otanthus maritima*) e a **Morganheira-da-praia** (*Euphorbia paralias*), sendo esta última espécie uma planta vivaz em termos de cor e tóxica ao toque humano, enquanto a primeira apresenta uma cor branca do tipo neve. Ambas as plantas podem-se contemplar nas rampas de pré-duna e na própria face da duna frontal.

- A **Couve-marinha** (*Calystegia soldanella*) e, principalmente, o **Estorno** (*Ammophila arenaria*) instalam-se na crista da duna espalhando-se pelo interior da duna, longe do alcance do mar por serem plantas muito sensíveis à água salgada. Em particular, o Estorno, quando não afetado, cobre praticamente todo o sistema dunar, sendo considerado, de longe, a planta mais importante na estabilização estrutural da duna.
- Ainda na crista da duna, também surge, de forma mais escondida e até misturada, às vezes por baixo do estorno, a **Granza-marítima** (*Crucianella maritima*) e a **Erva-caril** (*Helichrysum italicum*). Também se salienta o surgimento, nos últimos meses entre a primavera e o verão, do **Cardo-marítimo** (*Eryngium maritimum*), uma espécie sazonal e típica das estações mais quentes, cujas folhas, de médias dimensões, apresentam espinhos em toda a sua volta.
- A **Camarinheira** (*Corema album*) desenvolve-se sob a forma de arbustos, alguns de grandes dimensões e com folhagem densa, mais para o interior da duna primária (ou seja, sempre no lado sotavento da mesma).
- De realçar também a presença de uma espécie claramente invasora, o dito **Chorão-das-praias** (*Carpobrotus edulis*), proveniente da África do Sul, que se pode encontrar espalhada de forma muito desarmonizada por todo o sistema dunar.

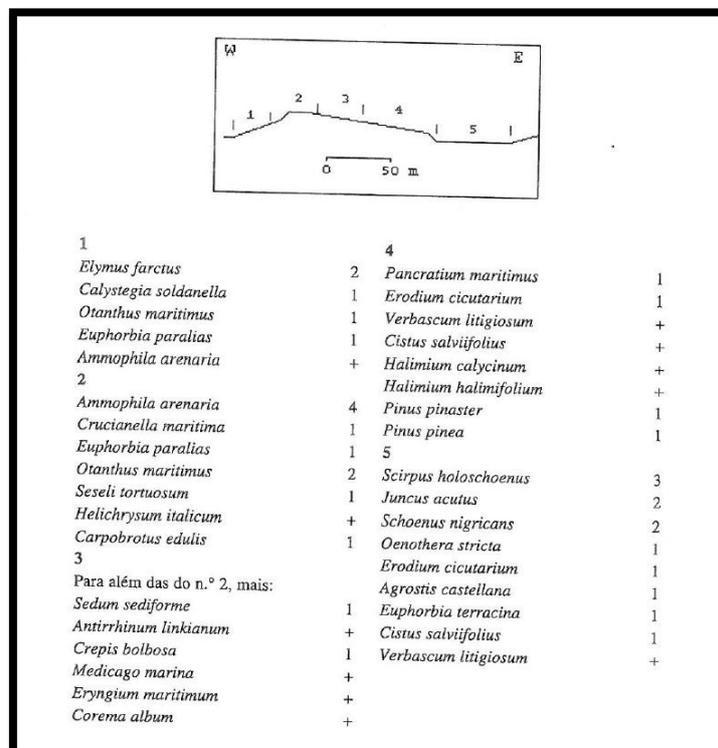


Figura 4 – Listagem e perfil tipo da vegetação dunar nas Praias de Quiaios (Almeida, 1995). Esta lista serviu como referência na identificação da vegetação dunar nas três áreas-amostra selecionadas neste trabalho para a Praia da Tocha.

3. METODOLOGIAS UTILIZADAS

Assim como se referiu na introdução desta dissertação, para poder alcançar os objetivos definidos e tendo em consideração a localização e a configuração geométrica dos passadiços de acesso e de circulação que atualmente existem, antes de mais selecionaram-se três áreas-amostra (Zonas A, B, C) representativas da área de estudo e que correspondem, respetivamente, ao limite meridional, à zona central e ao limite setentrional da Praia da Tocha (ver **Fig. 1**).

Os critérios de seleção destas áreas amostrais no cordão dunar foram os seguintes: (a) o tipo e a densidade da vegetação presente; (b) as características topográficas; e (c) a localização e orientação daqueles passadiços que, já à primeira vista, pareceu incorreta e com possíveis implicações na dinâmica natural da duna frontal. No fundo, ao definir o atual posicionamento das três áreas-amostra tentou-se abranger, na sua totalidade, as características intrínsecas do espaço pertencente à Praia da Tocha.

3.1 No campo

Um conjunto de visitas de campo periódicas foram realizadas durante quase um ano para a aquisição de dados morfológicos e biogeográficos nas três áreas-amostra previamente selecionadas. Durante estas visitas, para além de se realizar sempre um registo fotográfico exaustivo, procedeu-se ao levantamento pormenorizado de múltiplos perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna (três na zona A, um na zona B e dois na zona C – ver **Fig. 7**), juntamente com a aquisição e mapeamento do limite da base da duna frontal. Para tal utilizou-se um GPS *Geomax Zenith* GNSS 16/40 *Series*, com correção diferencial através da ligação à rede local ReNEP (serviço público de geoposicionamento da Direção-Geral do Território), em dotação ao Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT) da Universidade de Coimbra (**Fig. 5**).

Estes dados topográficos foram adquiridos com recorrência mais ou menos sazonal e/ou logo depois dos eventos meteomarinhos mais intensos. Todos os perfis topográficos foram executados aproximadamente com a direção W-E, desde a faixa de ressaca da onda (ou zona de espraiamento) até à parte interna da duna frontal. Estes levantamentos topográficos, realizados com o GPS portátil, começaram-se a fazer sempre logo pela manhã e, geralmente, prolongaram-se até ao início da tarde.



Figura 5 - GPS portátil, com correção diferencial através da ligação à rede local ReNEP - *Geomax Zenith* GNSS 16/40 - utilizado no terreno para o levantamento de precisão dos perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna nas três áreas-amostra previamente selecionadas para a Praia da Tocha.

Antes de começar o processo moroso de levantamento de cada um dos perfis longitudinais, foi necessário calibrar o GPS de campo ao nível da ligação à rede local ReNEP. Para tal, utilizaram-se os dados móveis de um telemóvel pessoal ao longo dos percursos para manter estável essa conexão e assim obter o maior número possível de satélites conectados. Este detalhe tem forte influência na margem de erro no valor da altura e na localização exata quando se regista, no GPS, os pontos geográficos que compõem o trajeto do perfil topográfico transversal ao sistema praia-duna. Outro cuidado que se teve foi o de carregar, no GPS, os perfis topográficos realizados durante os levantamentos de campo anteriores. Desta forma, os novos registos dos pontos foi sempre o mais próximo possível dos anteriores.

Durante estas visitas de campo foram também observadas, anotadas e cartografadas muitas formas de relevo nas três áreas-amostra previamente selecionadas, com particular destaque para as formas eólicas e de praia, nomeadamente: no caso da zona de **praia** – linha de costa, limite das bermas, nebkas (dunas de praia alta), rampa de ligação à face da duna frontal, base da duna frontal, pré-dunas ou dunas incipientes e a área de todo o cordão dunar; no caso da **duna frontal** - crista da duna, corredor eólico (e a sua direção primordial), ripples, línguas de areia (em regra na direção dos corredores eólicos) e depósitos eólicos de areia. Os elementos artificiais existentes nesta praia também foram assinalados, tais como as vias, os passadiços e as paliçadas.

Para complementar e melhorar as observações de campo realizaram-se também alguns levantamentos fotogramétricos com o Drone *Dji Mavic Air 2* (**Fig. 6**). Os parâmetros dos voos foram os seguintes: Altitude – 20 m; Velocidade máxima – 10 m/s; Sobreposição lateral e frontal dos fotogramas – 70/75%; *Gimbal Pitch* – 90°/Horizonte; Intervalo de Captura das Imagens – 2 segundos. O mosaico de fotografias aéreas obtidas, após o processamento digital através do software *ArcGIS Drone2Map* da ESRI, e a sua integração num sistema de informação geográfica (SIG), serviu como complemento às observações de campo na elaboração da cartografia geomorfológica de detalhe para as três áreas-amostra. Os voos do drone, assim como o levantamento dos perfis topográficos, realizaram-se em novembro (4/11/22), janeiro (13/01/23), fevereiro (28/02/23) e junho (28/06/23).



Figura 6 - O Drone *Dji Mavic Air 2* utilizado na aquisição de um mosaico de fotografias aéreas que serviram para auxiliar e complementar as observações de campo na elaboração da cartografia geomorfológica nas três áreas-amostra anteriormente delimitadas. O aparelho tem uma dimensão de cerca de 30 cm na sua diagonal e 570 g de peso.

A identificação rigorosa da sequência de vegetação dunar presente ao longo de cada um dos perfis topográficos levantados também foi realizada durante todas as visitas de campo, utilizando como base de referência a importante tabela da **Figura 4** (Almeida, 1995).

3.2 No gabinete

No gabinete, antes de mais, realizou-se uma recolha bibliográfica exaustiva sobre o tema em geral (e.g., geomorfologia de uma praia, dinâmica natural do sistema praia-duna, vegetação dunar, intervenções antrópicas na orla costeira) e relativo à área de estudo com particular referência à zona litoral da região centro e respetivas praias (e.g., aspetos/contextos geológicos e geomorfológicos, intervenções antrópicas já realizadas).

Para proceder à análise da evolução temporal da linha de costa e da base da duna frontal recorreu-se a uma comparação visual entre fotografias áreas retiradas do *Google Earth Professional* para o intervalo 2006-2022. Seis imagens do território pertencente à Praia da Tocha foram exportadas do arquivo histórico disponível no *Google Earth Pro* e comparadas entre si com o intuito de observar se houve alguma variação morfológica significativa neste território.

Na prática, o SIG (pacote de *softwares* ArcGIS 10.8.1 da ESRI) possibilitou a construção de uma *geodatabase* em que foram incorporados todos os perfis topográficos levantados no campo, assim como as imagens adquiridas com o drone ou retiradas da Internet, de forma a realizar as diversas operações de sobreposição espacial necessárias para auxiliar e, por vezes, completar as observações morfológicas. Foi nesta fase que se elaboraram os esboços geomorfológicos de detalhe das três áreas-amostra selecionadas para a Praia da Tocha.

Após a observação e anotação de todo o tipo de formas geomorfológicas passíveis de se encontrar nas áreas de estudo, procedeu-se à fase da cartografia digital com ajuda fundamental das ferramentas de desenho incorporadas no *software* de ArcGIS 10.8.1, através da criação de inúmeras *shapefiles* específicas para cada elemento morfológico. Um processo minucioso e constante feito quase sempre logo após as saídas de campo e bastante aperfeiçoado ao longo do período de investigação, tendo sempre por base as primeiras imagens aéreas obtidas, em novembro, com o drone, visto que estas tinham uma excelente resolução e qualidade ao nível do brilho para delimitar, na perfeição e com precisão, as áreas relativas às formas de relevo.

No SIG, também foi possível processar os dados retirados do GPS para a elaboração gráfica dos perfis topográficos sazonais levantados no campo. Desta forma, com recurso à ferramenta de criação de gráficos por pontos, foi possível obter uma primeira representação gráfica de todos os perfis, antes destes serem transferidos para uma folha Excel onde se concretizaram as operações de sobreposição para a identificação e quantificação dos troços em erosão ou acreção sedimentar.

A recolha dos dados meteomarinhos (diários/sazonais e completos), foi concretizada recorrendo ao site do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera – na base de dados “Praias e Portos”), entre os quais se destacam a direção e intensidade dos ventos locais, assim como a pluviosidade e a agitação marítima (especialmente, a altura e direção das ondas). Este levantamento de dados foi realizada, de forma constante, durante quase todo o período de investigação, principalmente antes dos dias das visitas de campo, por forma a englobar as características meteorológicas intrínsecas às quatro estações do ano, havendo maior destaque para as alturas em que houve temporais.

No conjunto, a comparação entre os perfis topográficos produzidos para o mesmo troço, em períodos distintos, geralmente logo a norte e a sul dos passadiços considerados neste trabalho, juntamente com a descrição das formas de relevo identificadas e a análise temporal da variabilidade espacial da linha de costa e da base da duna frontal, permitiram inferir sobre as dinâmicas naturais (erosão/acreção sedimentar) que caracterizam o sistema praia-duna na área de estudo e assim averiguar sobre a magnitude da sua variabilidade sazonal.

4. RESULTADOS

4.1 Perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna

Com o intuito de averiguar sobre o estado de erosão/acreção sedimentar do sistema praia-duna da área de estudo, durante quatro idas ao campo (4/11/2022, 13/01/2023, 28/02/2023 e 28/06/2023), num intervalo de nove meses, foram executados seis perfis topográficos transversais (três na Zona A, um na Zona B e dois na Zona C), com orientação aproximada W-E (Fig. 7). No total, levantaram-se mais de 500 pontos individuais assinalados e 24 perfis sazonais no terreno (Fig. 8).

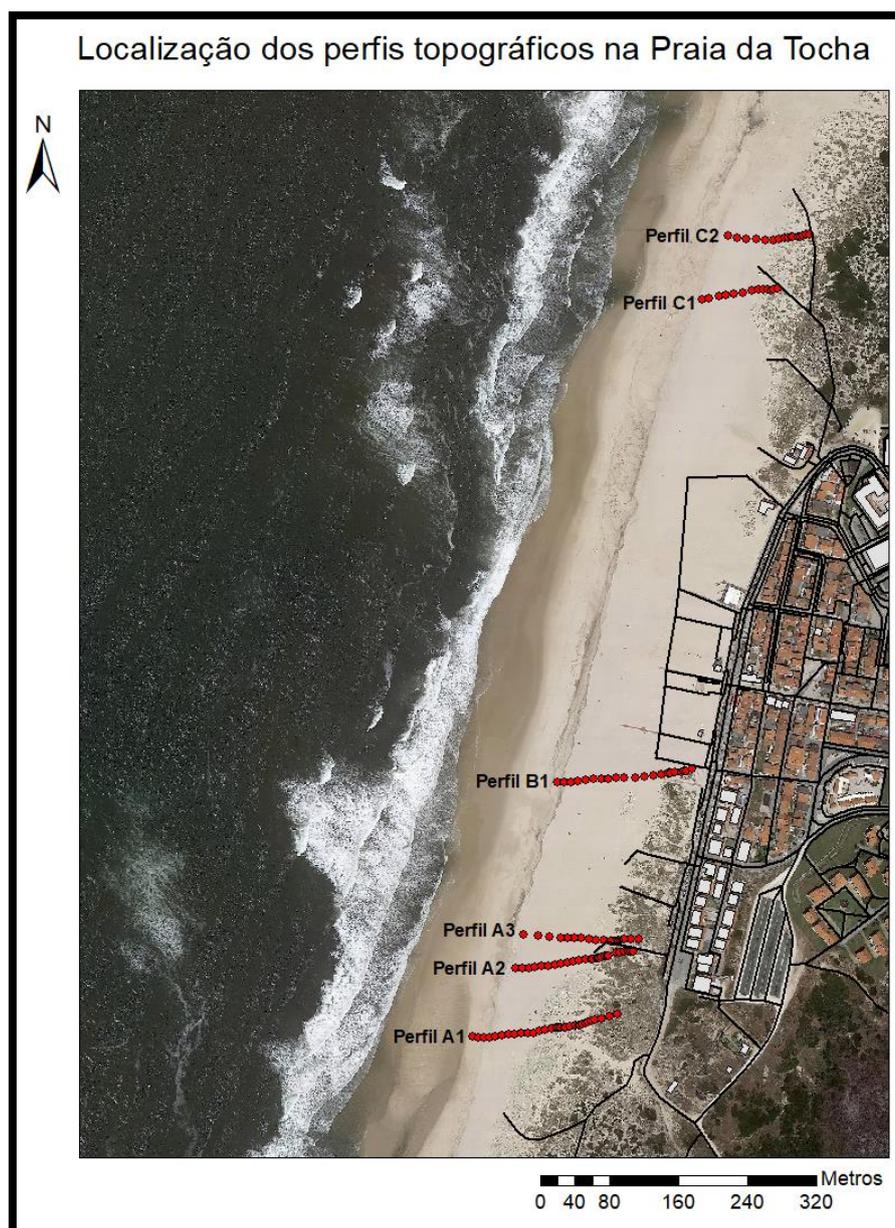
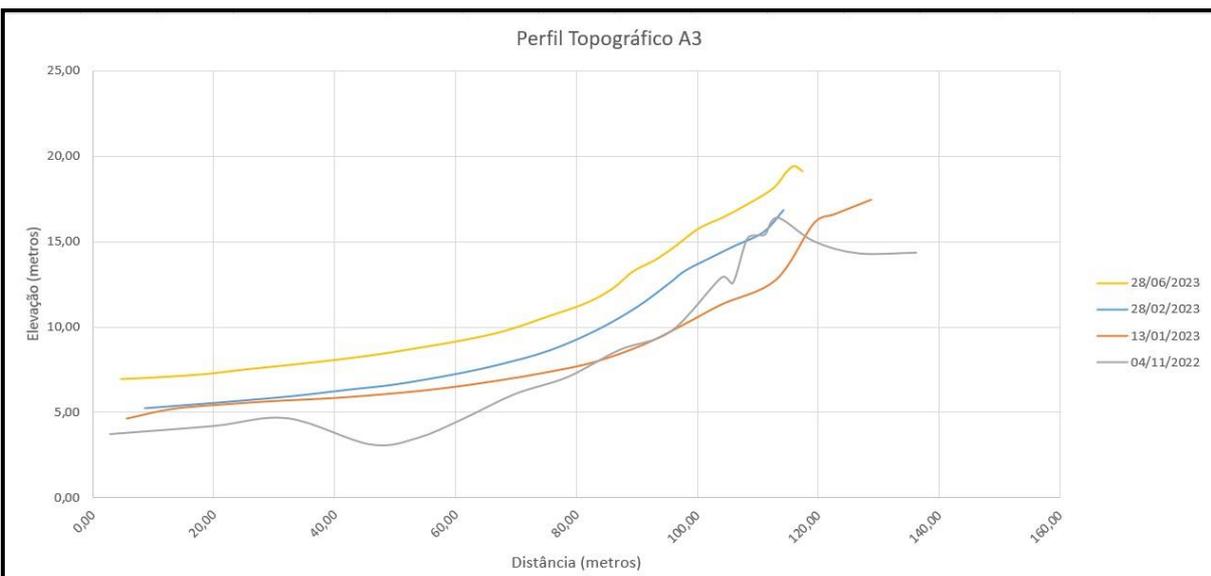
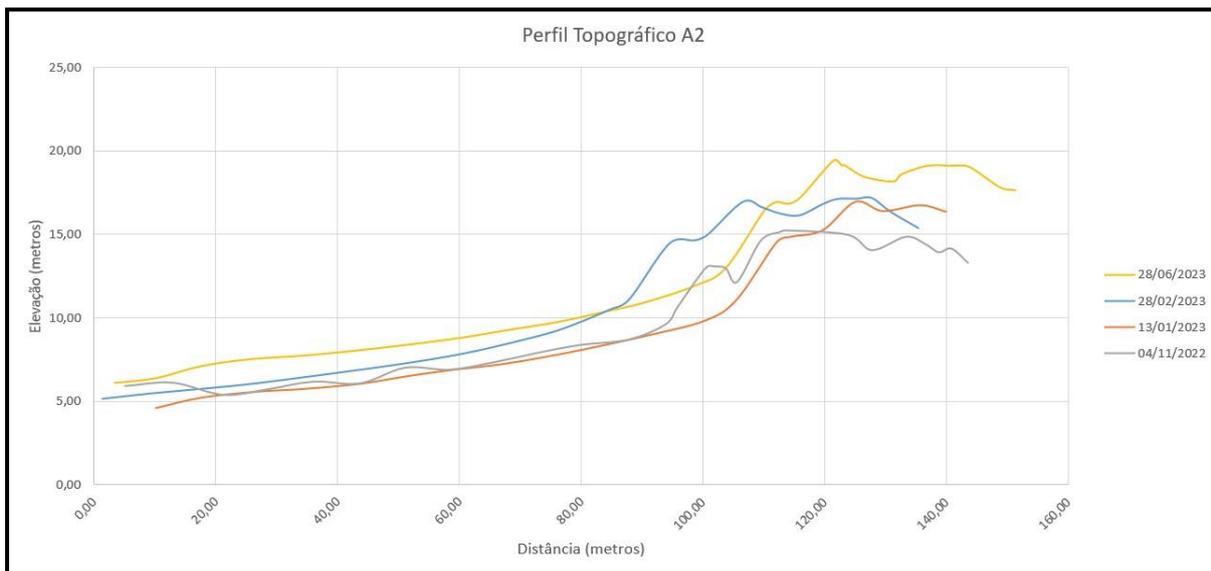
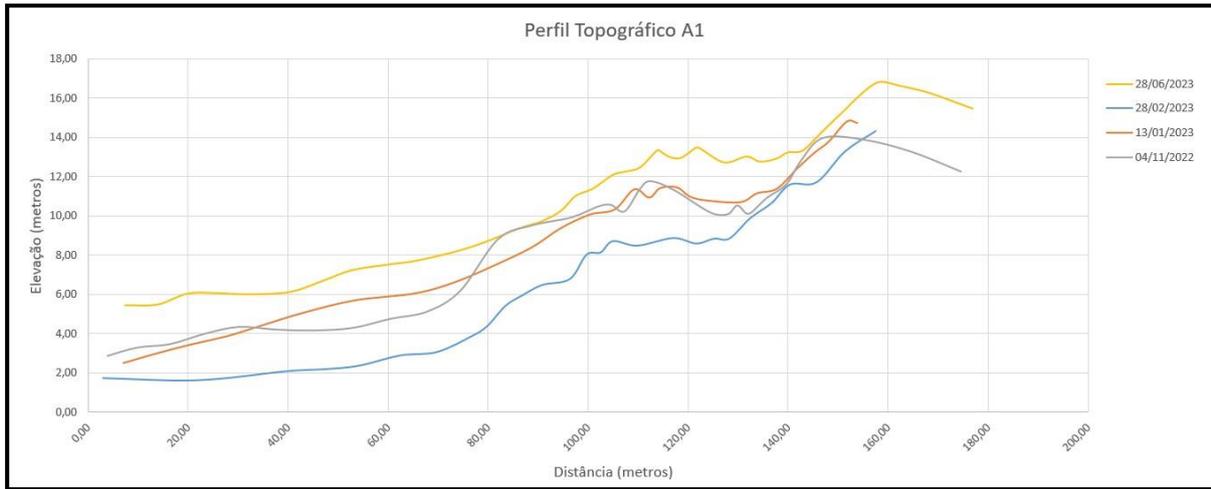


Figura 7 - Mapa de localização dos perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna executados na Praia da Tocha. Os pontos em vermelho identificam os perfis topográficos levantados com o GPS. Com as linhas pretas identificam-se os passadiços em madeira e a rede viária principal.



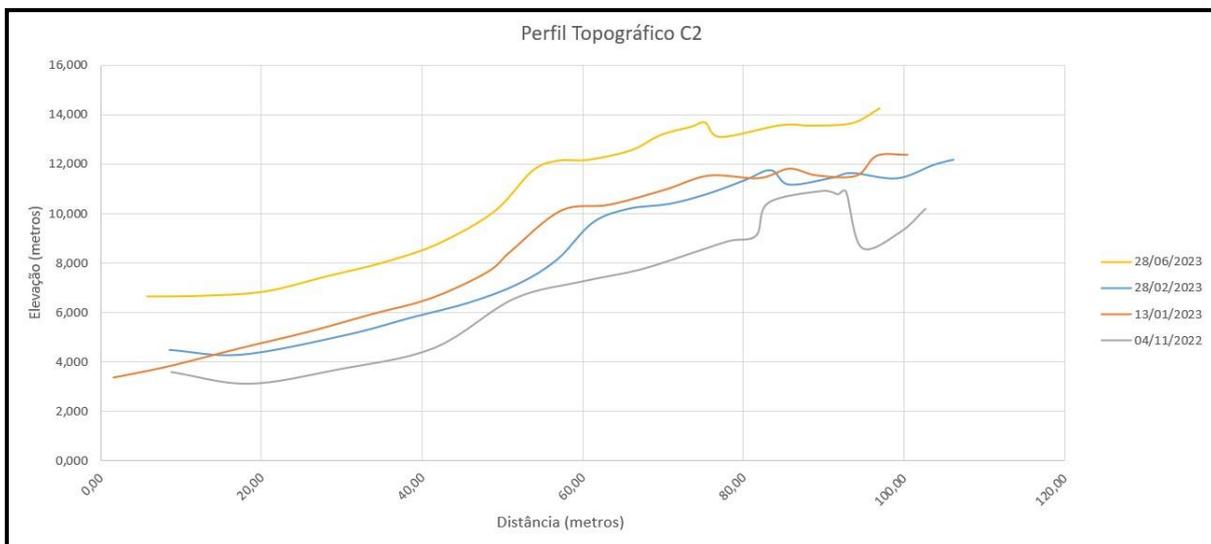
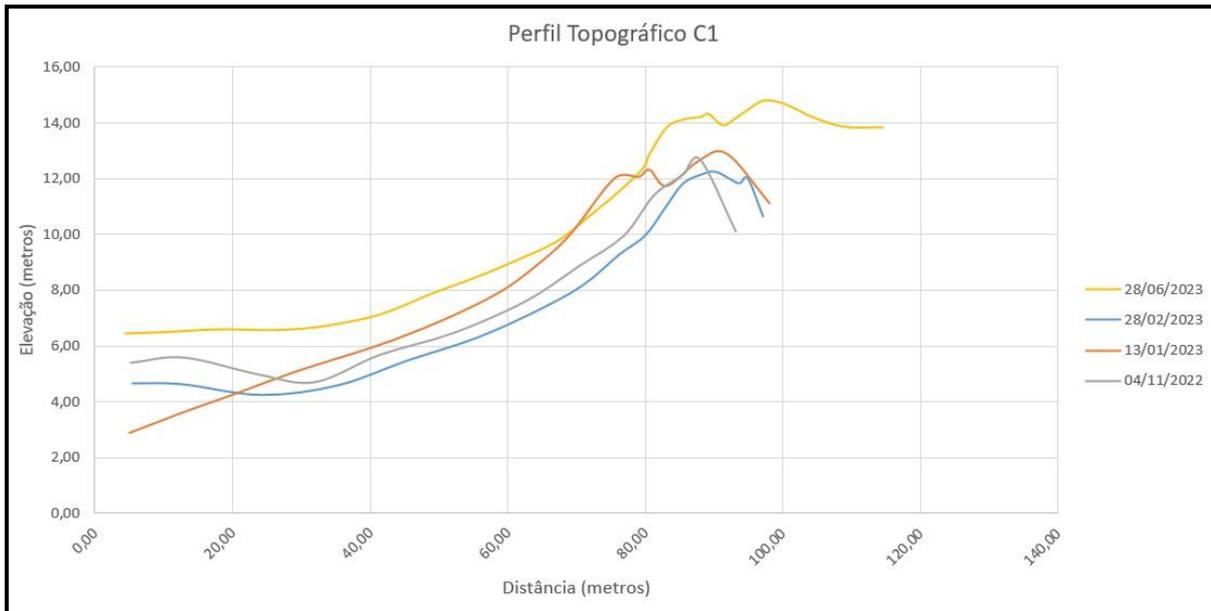
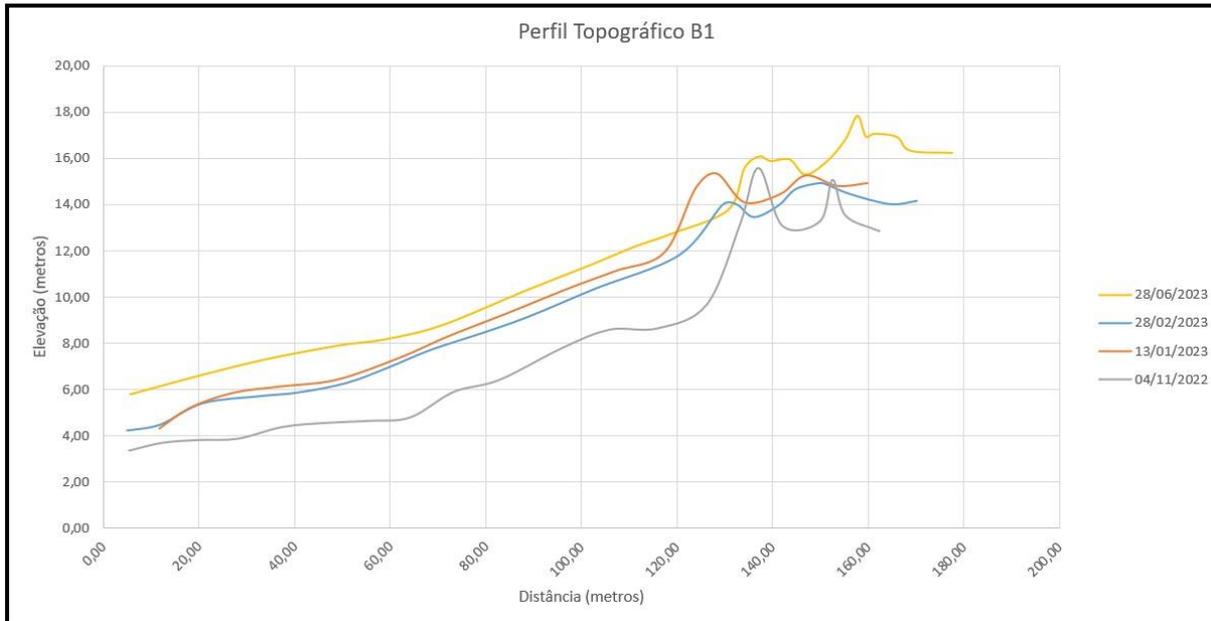
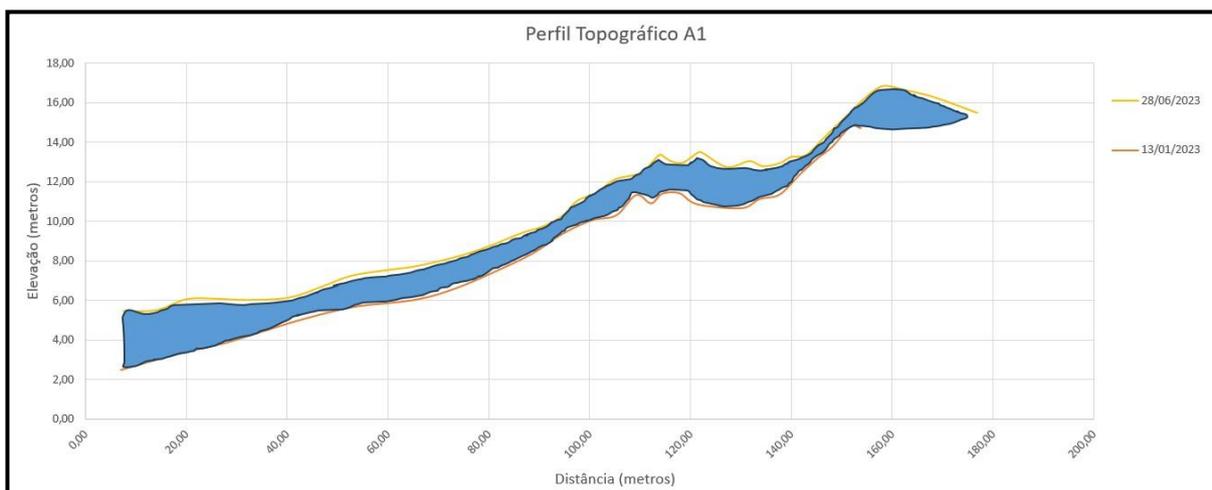
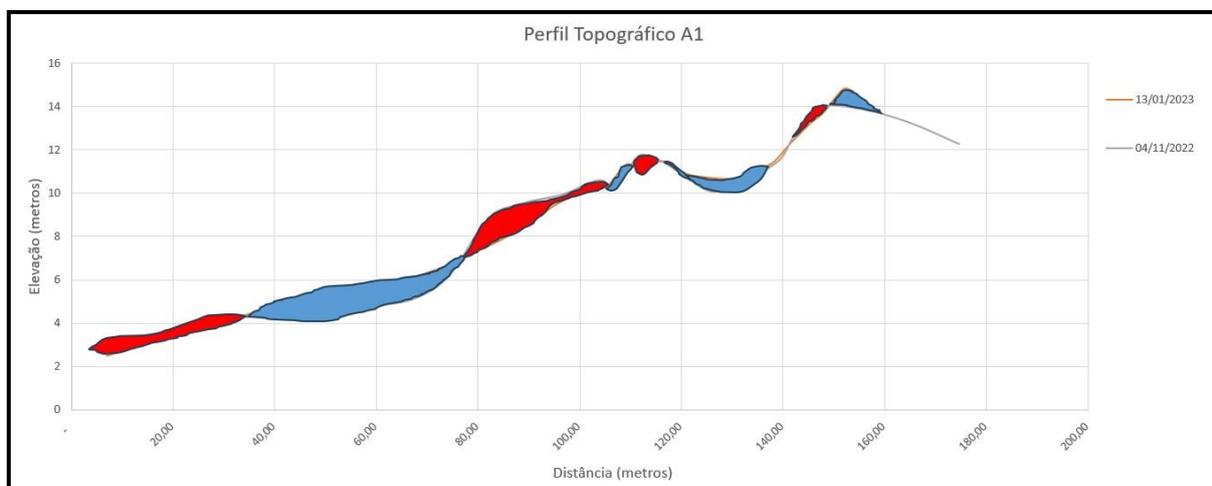
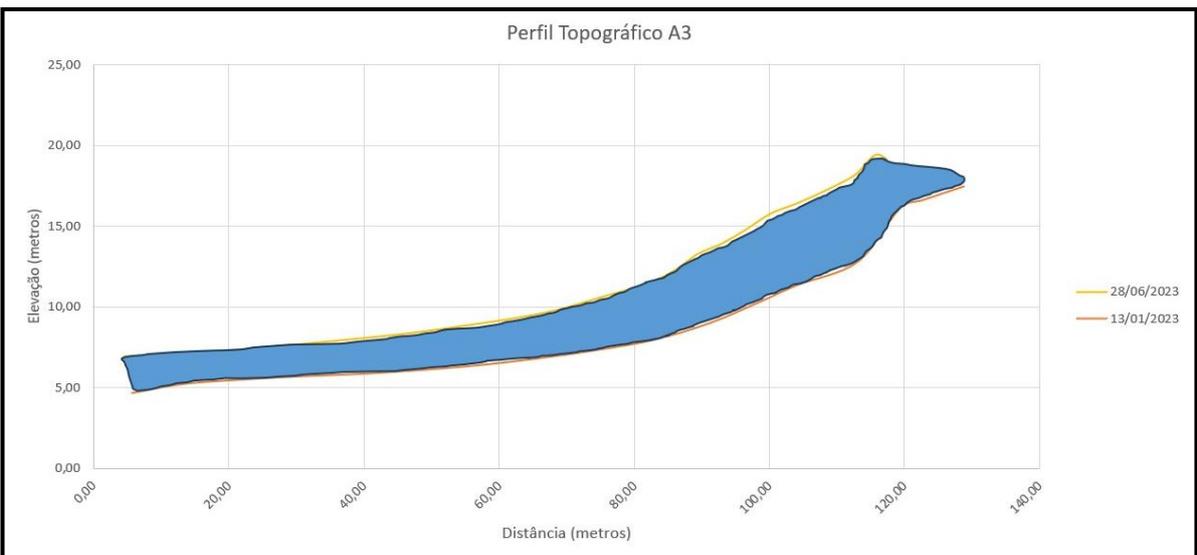
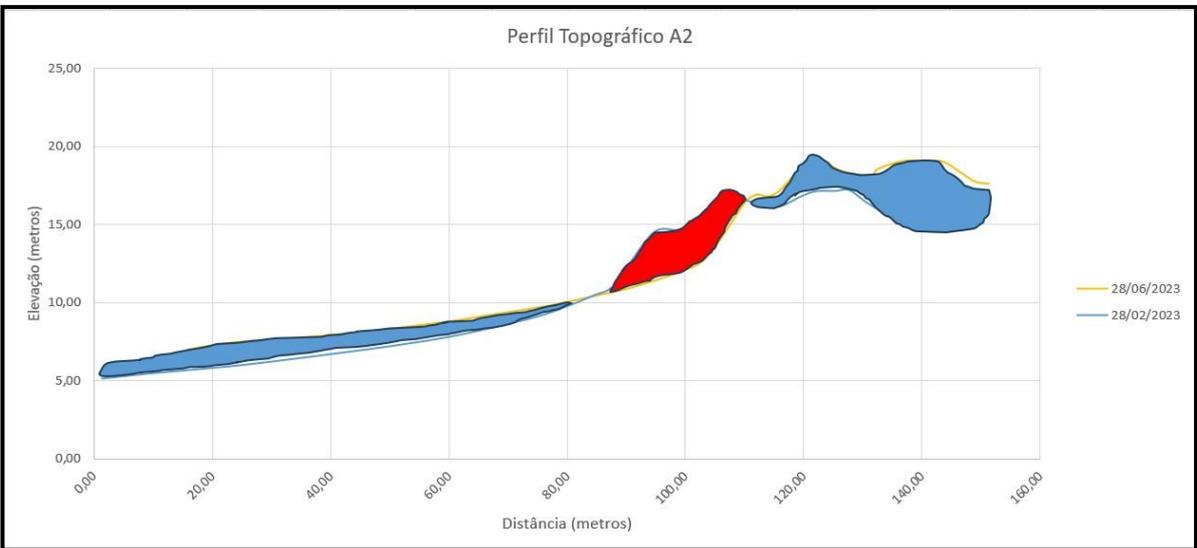
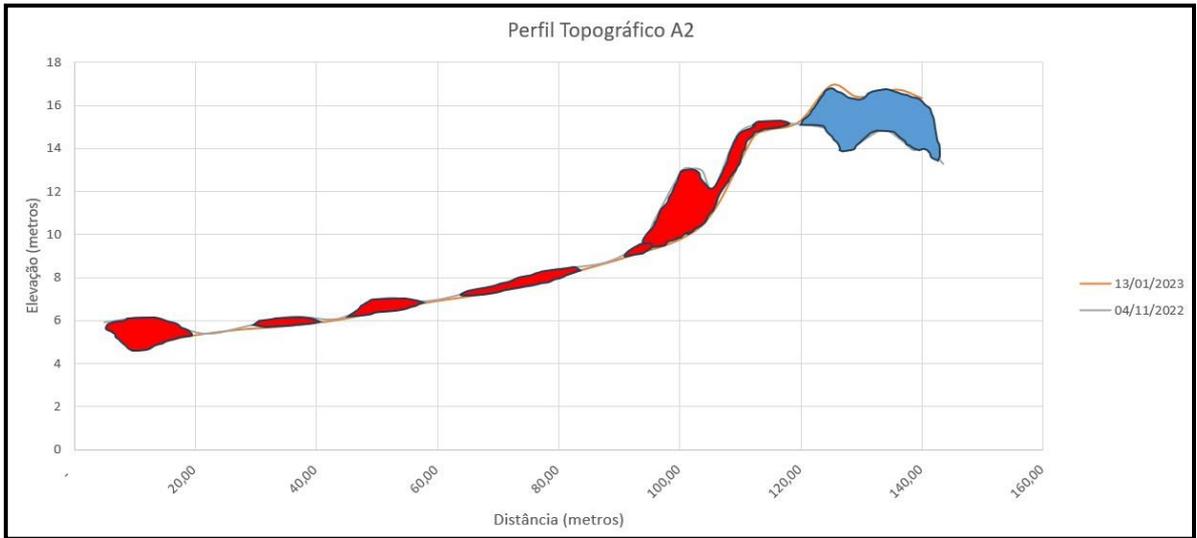
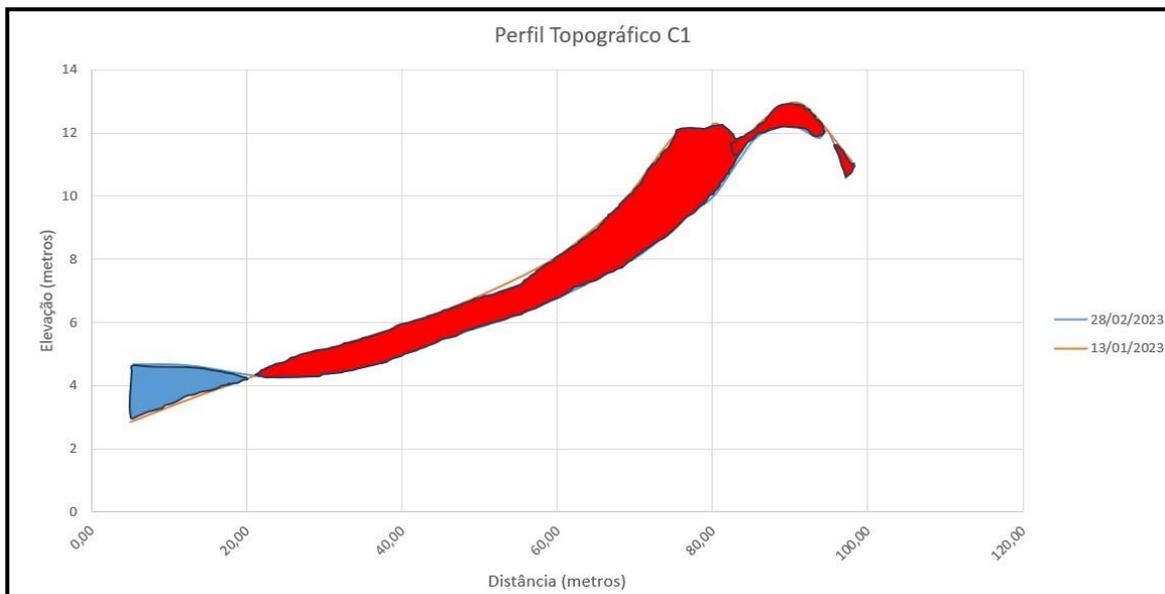
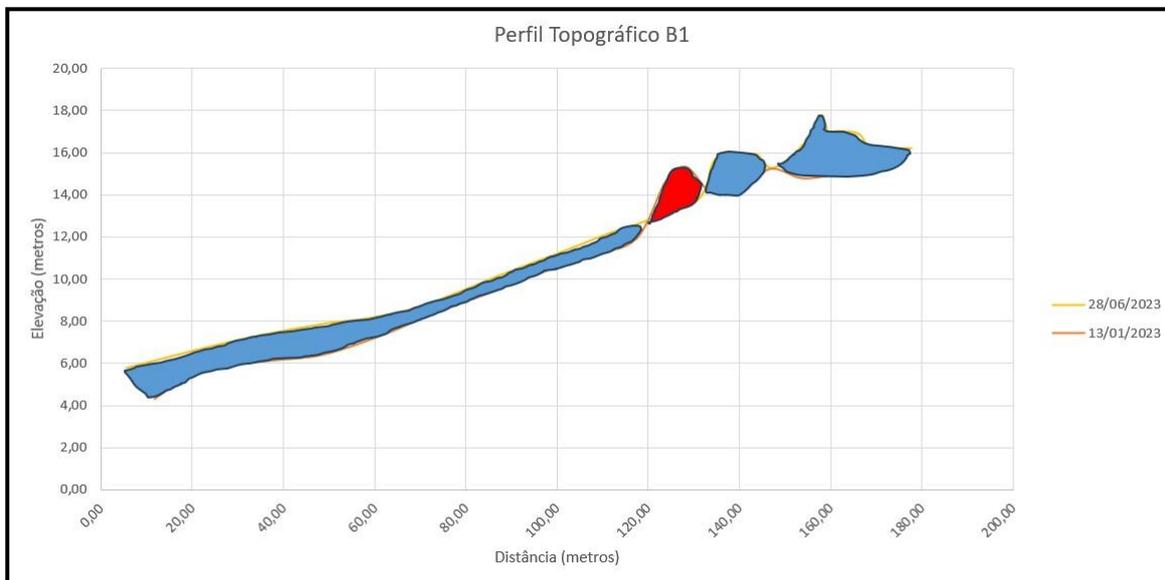
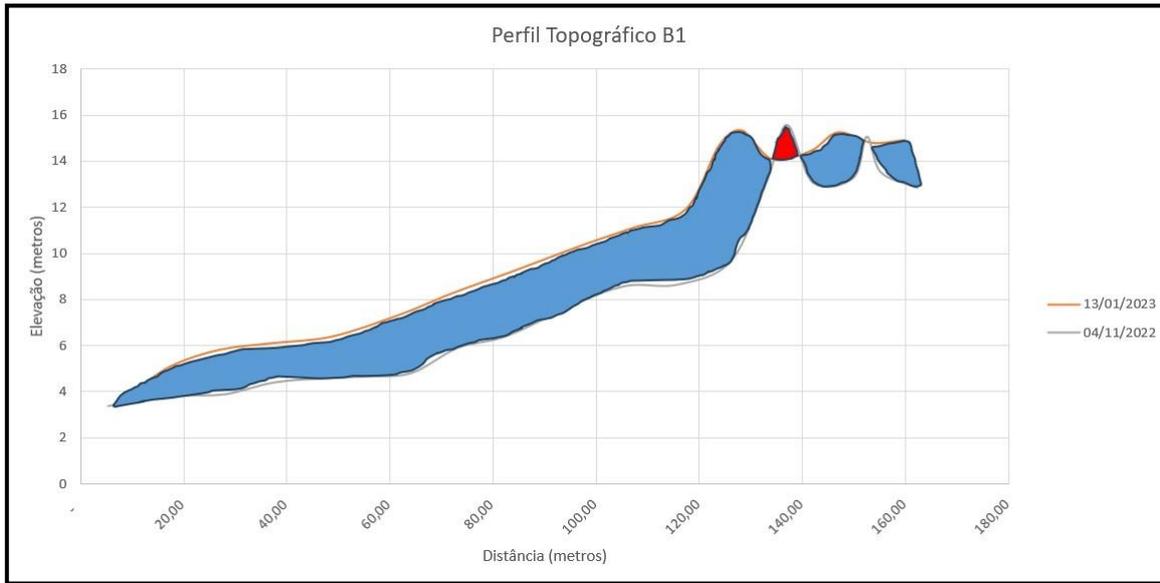


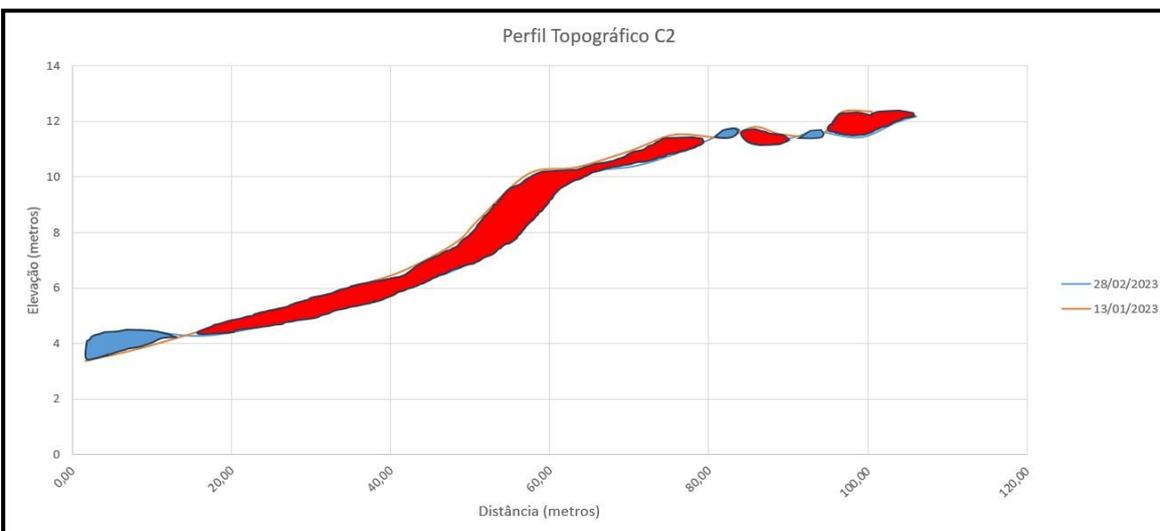
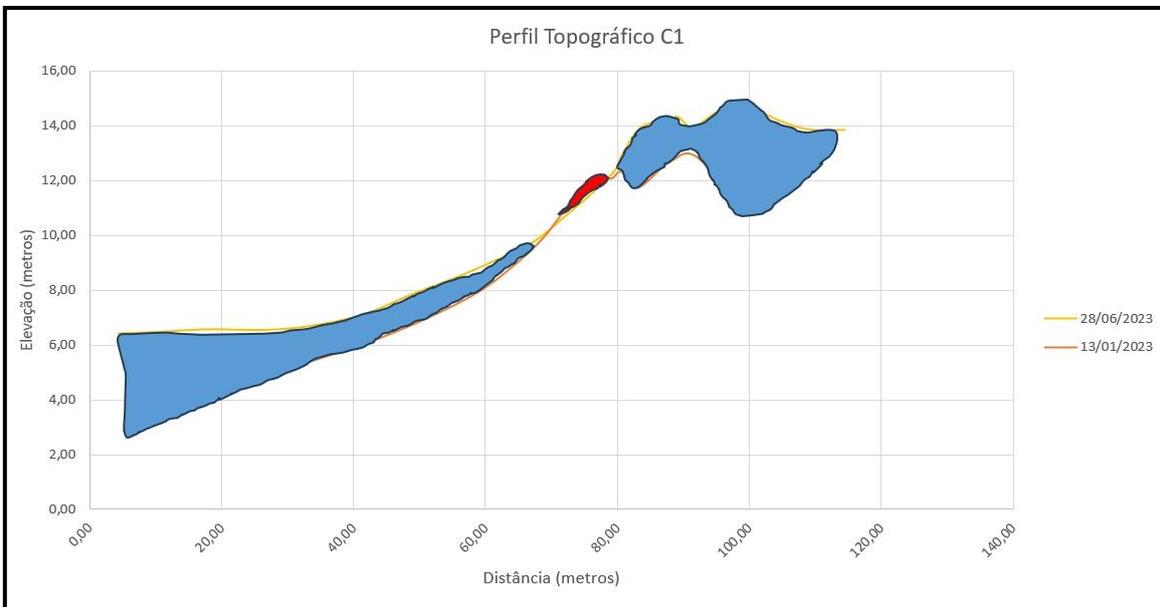
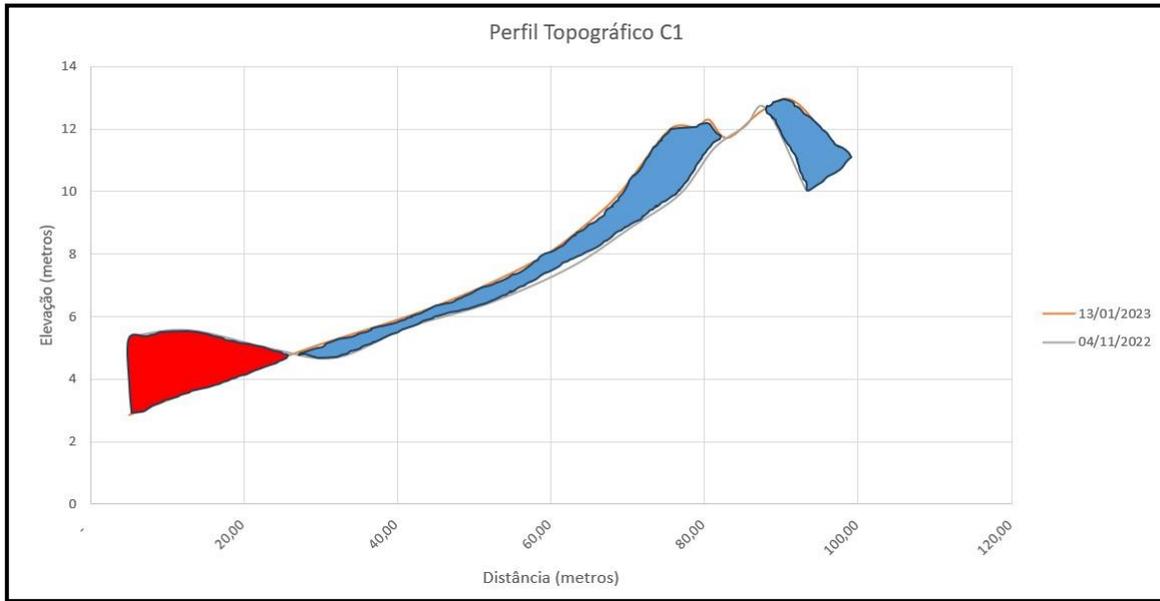
Figura 8 – Reconstituição gráfica de todos os perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna da Praia da Tocha levantados durante quatro idas ao campo (4/11/2022, 13/01/2023, 28/02/2023 e 28/06/2023), num intervalo de nove meses.

Com o objetivo de observar a magnitude da variabilidade sazonal do sistema praia-duna objeto de estudo, realizou-se um simples exercício de comparação (12 no total) entre dois perfis topográficos levantados em períodos distintos para o mesmo troço (**Fig. 9**).









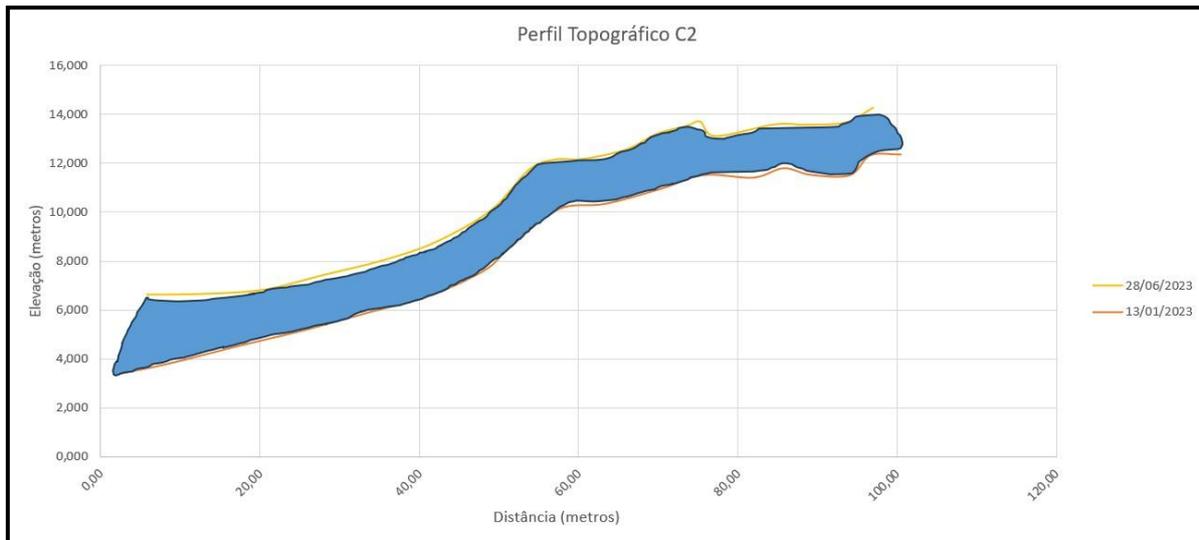


Figura 9 – Exemplos mais significativos de comparação entre dois dos quatro perfis topográficos obtidos para o mesmo trecho do sistema praia-duna, na área de estudo, adquiridos em tempos distintos (as manchas em vermelho indicam o volume de sedimentos perdidos no período considerado; as manchas em azul evidenciam os volumes de sedimentos ganhos).

Os gráficos da Figura 9 demonstram uma predominância geral da acreção sedimentar (manchas à azul) para o sistema praia-duna da Praia da Tocha no período em consideração. Esta verifica-se nos segmentos que correspondem à rampa, à base e à crista da duna frontal, durante o período compreendido entre os meses de fevereiro e de junho. Por sua vez, os episódios de erosão (manchas a vermelho) verificam-se essencialmente na base da duna frontal assim como indicam os perfis executados entre novembro, janeiro e fevereiro. Em alguns casos até parece que houve um ligeiro recuo da mesma.

Ao longo dos perfis A1, A2, B1, C1 e C2 (**Figs. 8 e 9**) observa-se uma maior oscilação entre os treços em acreção sedimentar e os outros onde houve uma notória erosão com recuo de certos pontos na sua posição inicial e ligeira redução dos valores de altura. Os perfis relativos à Zona C (**Fig. 8**), a parte mais a norte da Praia da Tocha, são os que apresentaram maiores segmentos de erosão acentuada comparativamente com os outros nas diferentes estações do ano (**Fig. 9**).

De referir que o perfil A3 foi essencialmente executado no alinhamento de um corredor eólico de dimensões significativas ali existente (ou seja, uma espécie de túnel ou vale de areia até à sua crista), daí não apresentar uma topografia intermitente semelhante aos outros. Por isso significa que se vai verificar sempre muita acreção em todos perfis feitos tal como exemplificado com aquela

enorme mancha azul, havendo uma constante reposição sedimentar neste local da duna por força do vento. Além disso, em várias comparações feitas, os perfis A2 e B1 parece que sofreram erosão considerável na face, na base e até na crista da duna frontal visto que esses pontos recuaram ou diminuíram em altura, a julgar pelas diversas manchas vermelhas assinaladas entre o período de Inverno e Primavera.

As restantes (e muito poucas) combinações possíveis, não foram adicionadas porque feitas todas as comparações só se verificou uma forte acreção em todo o troço considerado e por isso seriam mais gráficos com grandes manchas azuis tal como foi exemplificado nos perfis A1, A3 e C2.

4.2 Esboços geomorfológicos das áreas-amostra

As observações de campo, juntamente com a extração de informação essencial das fotografias aéreas obtidas com o drone, permitiu a elaboração cartográfica em SIG de três esboços geomorfológicos referentes às três áreas-amostra previamente selecionadas na Praia da Tocha (**Figs. 10, 11, 12**).

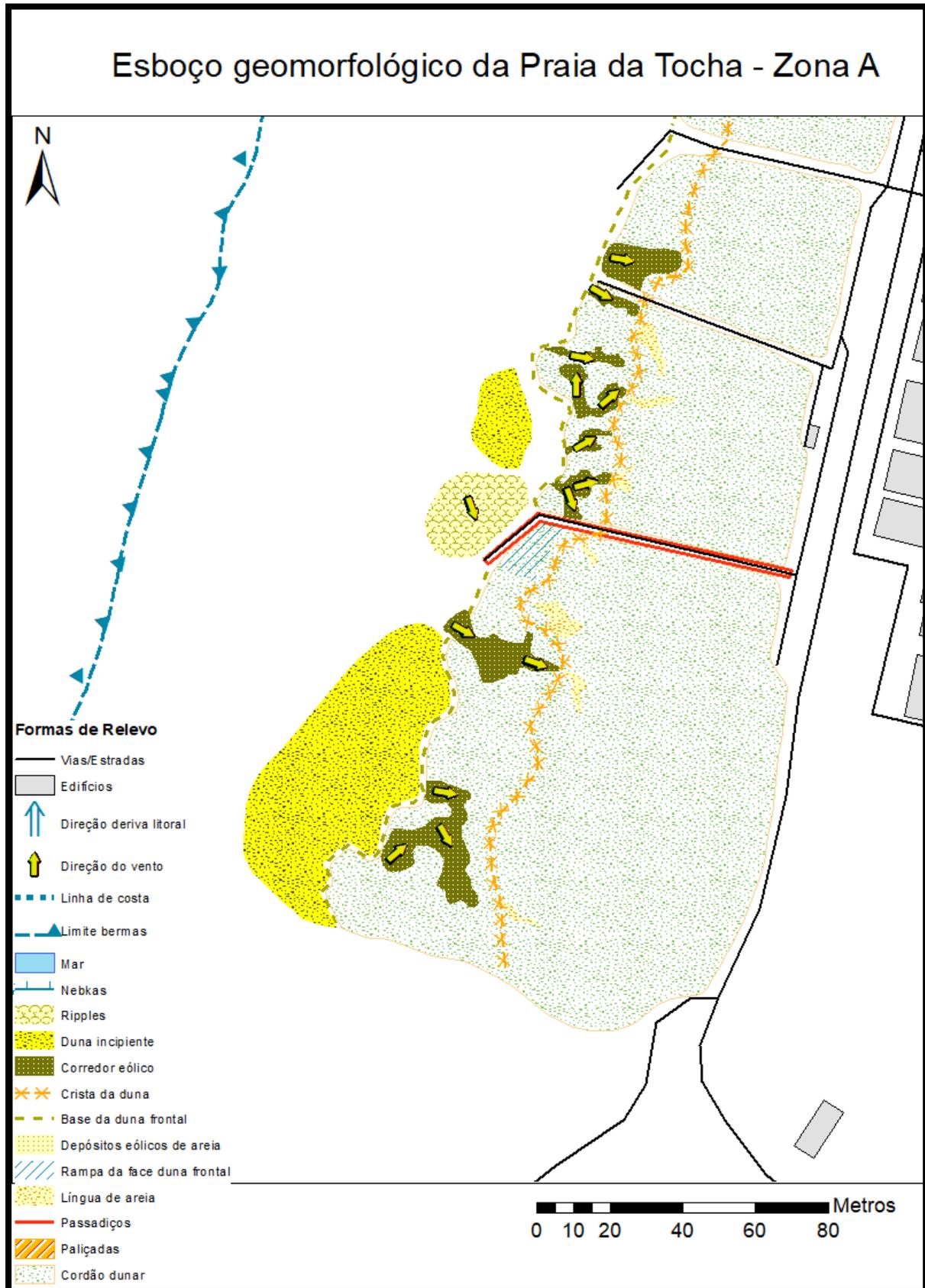


Figura 10 - Esboço geomorfológico elaborado para a Zona A. Para a localização e delimitação das áreas amostras previamente escolhidas para a Praia da Tocha ver a Figura 1.

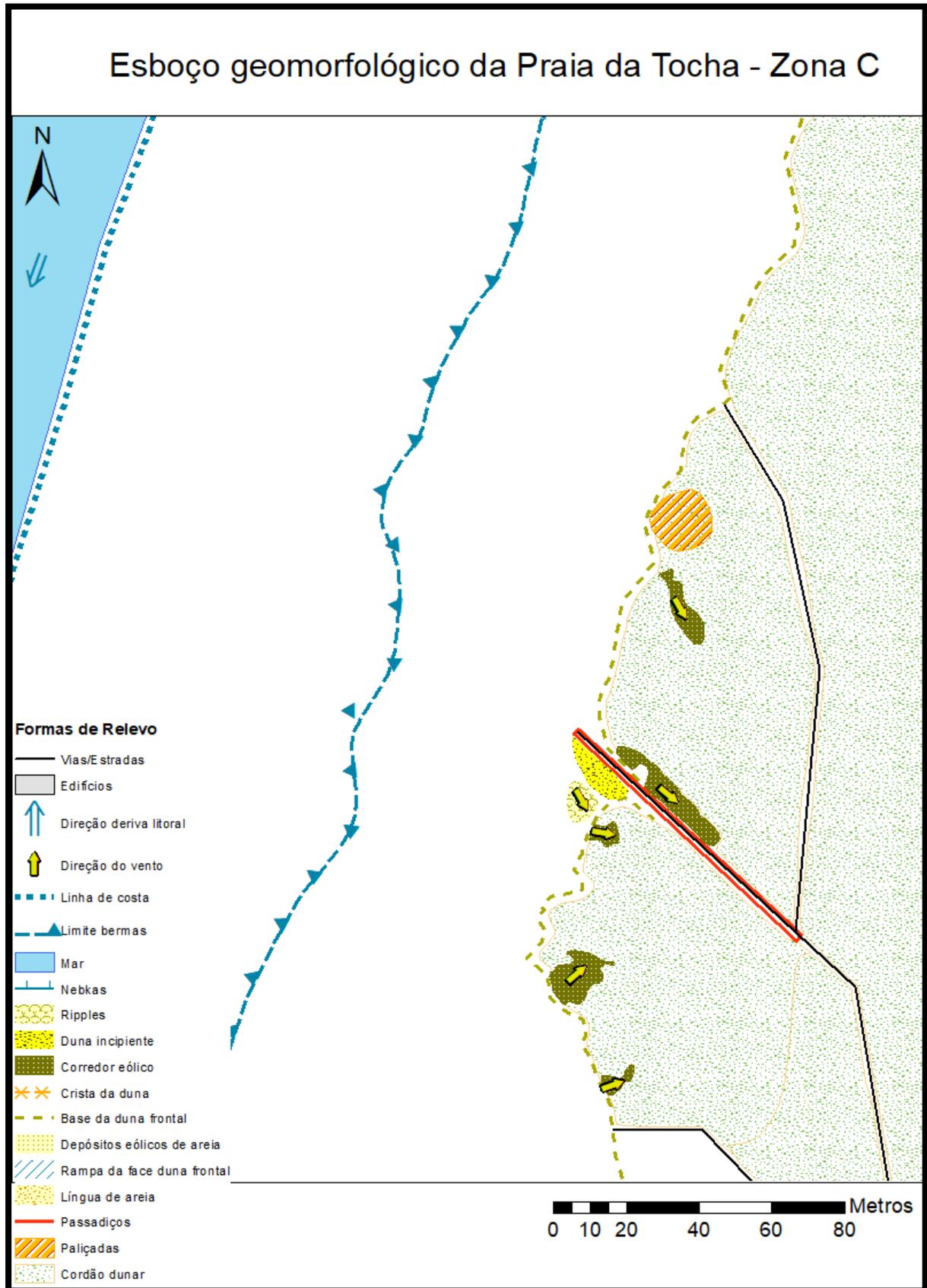


Figura 12 - Esboço geomorfológico elaborado para a Zona C. Para a localização e delimitação das áreas amostras previamente escolhidas para a Praia da Tocha ver a Figura 1.

Nestes esboços geomorfológicos evidenciam-se as formas de relevo naturais mais significativas juntamente com os elementos antrópicos que contribuíram para a artificialização parcial do espaço balnear. A dificuldade de enquadrar o próprio oceano Atlântico e a sua linha de costa em dois dos três mapas (apenas é visível em todos os mapas, a linha das bermas em areia criadas pela ondulação local) permite comprovar a escala desta praia, sendo mesmo de grande envergadura desde a base da duna frontal até ao mar. Apenas na Zona C, tal ação foi possível porque esta parte mais a norte da praia é nitidamente inferior em termos de largura comparativamente com a sua parte meridional, ainda que não deixa de ser uma praia arenosa bem espaçosa neste local. As áreas muito extensas que aparecem em branco, a oeste nos três mapas, é tudo areal da própria praia, entre a linha de costa até à base da duna frontal.

Uma leitura atenta dos três esboços geomorfológicos realizados permite atestar a presença de uma quantidade significativa de corredores eólicos (mais evidentes nas Zonas A e B) com geometrias, dimensões e orientações variáveis conforme os ventos dominantes (de noroeste a sudoeste) (e.g., **Fig. 13a**). Em muitos dos casos, a estes corredores associam-se línguas de areia (claramente de origem eólica), com dimensões variáveis, no lado sotavento da duna frontal após a crista da duna, empurrando essa areia para o interior desta duna frontal, dando origem, em alguns casos, a uma espécie de caminho por entre a vegetação (e.g., **Fig. 13b e 25b**).

No caso do passadiço considerado para este estudo na Zona A, este exhibe um corredor eólico bifurcado que o atravessa na diagonal, verificando-se regularmente acumulação significativa de areia em cima dessa fração do passadiço (ver **Fig. 13**). Também se assinala a formação de dunas incipientes ou pré-dunas de dimensões muito significativas nas três áreas de estudo, especialmente em maior número na zona mais setentrional da Praia da Tocha (ver **Fig. 14**).



Figura 13 - Fotografias que ilustram algumas das formas dunares presentes na área de estudo: (a) o principal corredor eólico bifurcado na Zona A que vem na direção do passadiço em estudo; (b) exemplo de uma língua de areia no seguimento do corredor eólico que atravessa este mesmo passadiço.



Figura 14 - Fotografias que ilustram algumas das formas dunares e de praia presentes na área de estudo: (a) a pré-duna de enormes dimensões situada no ponto mais meridional na Zona A e que ainda se estende bastante para sul da praia; (b) a segunda duna embrionária mapeada, com um tamanho relevante em clara fase de formação situada no lado norte do passadiço assinalado na Zona A, estando ainda um pouco afastada da base da duna frontal neste ponto.

As formas de relevo assinaladas a azul no mapa da Zona B (**Fig. 11**) correspondem às pequenas *nebkas* (dunas de praia alta ou montículos de areia com ligeira vegetação rasteira no seu topo que ajuda a segurar essa areia em círculo). Estas evidências apenas foram avistadas nos meses de inverno visto que não havia o pisoteio constante (ou escavações) naquela área durante essa estação do ano (ao contrário do que é verificado no período balnear), permitindo a sua formação à vontade (ver **Fig. 15**).



Figura 15 – Exemplo das *nebkas* avistadas em Dezembro 2022 na zona central da Praia da Tocha.

Em cada um dos três esboços geomorfológicos realizados estão igualmente cartografados os ripples (ver **Fig. 16**), correspondentes a ondulações de origem eólica na areia e cujo espaçamento varia consoante a intensidade do vento em um ponto específico, apesar de ser uma forma de relevo transversal a todo o areal da praia apresentando quase sempre a direção N/NW. Os ripples apenas

foram identificados no terreno, nas alturas em que não havia muito pisoteio na parte seca do areal ou nas rampas de ligação à base da duna frontal (i.e., durante os meses de inverno e primavera).



Figura 16 – Exemplo do tipo de ripples observados em Dezembro 2023 na Zona A da Praia da Tocha.

Também está delimitado em cada um dos esboços, sempre no lado oeste do mapa, a seguir ao mar, uma linha azul que simboliza o limite das bermas existentes na praia (ver **Fig. 17**). As bermas são uma forma de relevo que se originam de forma paralela à linha de costa devido à dinâmica local da ondulação marítima em períodos da maré alta.



Figura 17 – Exemplo das bermas observadas em Maio 2023 no centro da Praia da Tocha.

No que toca às formas antrópicas existentes, as vias/estradas/passadiços, as paliçadas e os edifícios, que se encontram entre a base da duna frontal ou integrados no cordão dunar ou mesmo mais a leste das áreas-amostra, esta parte mais artificializada corresponde ao território físico da Tocha. Já os passadiços com sublinhado a vermelho (ver **Fig. 18 e 23b**) representam os principais que foram criteriosamente escolhidos devido à configuração adotada no acesso pedonal à praia, com o propósito de serem alvo de estudo mais pormenorizado ao longo desta análise.



Figura 18 – Configuração atual do renovado passadiço mais meridional da praia em estudo, situado na Zona A, com o intuito de mostrar a forma como este está integrado no cordão dunar da Tocha.

Por observação direta e contínua nas várias idas até à praia, os ripples que se encontram na Zona C tendem a ser mais vincados do que na Zona A ou B devido ao facto de o vento ser muito mais intenso nesta parte da praia, formando pequenas dunas eco e incipientes próximas à base da duna frontal (ver **Fig. 19**). Também se verifica regularmente uma forte acreção de areia à esquerda do 2º passadiço mais a norte (ver **Fig. 20**) devido ao efeito de túnel gerado por baixo da parte final desta estrutura de acesso pedonal.



Figura 19 – Pequenas dunas eco e incipientes que se formaram naturalmente na base da duna frontal presente na Zona C do lado esquerdo ao segundo passadiço setentrional em estudo.



Figura 20 – Exemplos de dunas incipientes observadas durante os trabalhos de campo no dia 23 de Maio 2023. (a) Lado esquerdo do passadiço em estudo na Zona C; (b) Lado Sul de um passadiço intermédio da Zona B.

Em redor e por baixo dos passadiços em estudo tende a acumular-se, de forma sucessiva, uma grande quantidade de areia (do tipo mais grosseira). Isto acontece também nas rampas de ligação entre a praia *p.d.* e a duna, assim como nas zonas que atualmente estão desprovidas de dunas fixas (aqui o cordão dunar foi presumivelmente interrompido no passado para se criar o acesso à praia quando a Tocha se transformou num lugar turístico mais apelativo da região centro), havendo assim inúmeros depósitos eólicos de areia, transportados pelo vento, que ficam espalhados no passeio da rua marginal paralela a duna frontal (ver **Fig. 21**).



Figura 21 – Exemplo dos depósitos eólicos de areia observados em Dezembro 2023 que se tendem a formar neste local no passeio da rua marginal situada na Zona B da Praia da Tocha.

Na Zona B, formaram-se dois corredores eólicos bifurcados e vincados, de origem antrópica, com dimensões bastante consideráveis, já que parece que foi feita uma abertura propositada, entre estas duas dunas isoladas, por onde antigamente havia outro passadiço longitudinal (ver **Fig. 22**).

Atualmente, algumas partes de madeira dessa antiga estrutura, que ficou soterrada, encontram-se ligeiramente visíveis à superfície. Na fase de preparação para a época balnear, na zona central e plana, são instalados passadiços removíveis e rasteiros ao solo. É uma boa solução adotada pelas entidades locais, visto que serviu para substituir o passadiço soterrado já em cima mencionado e, dessa forma, reduz-se a pressão antrópica relativa à circulação de pessoas nos corredores para que estes se possam fechar e recuperar gradualmente.



Figura 22 - Fotografias que ilustram algumas das formas dunares presentes na área de estudo: (a) o principal corredor eólico na Zona B de grandes dimensões, sendo até possível verificar parte de uma antiga infraestrutura em madeira soterrada; (b) mais um corredor eólico, na Zona B, que existe à direita da mesma depressão de areia, neste caso com direção predominante para NW.

Também nesta faixa central da Tocha em redor da Zona B, nos primeiros meses de 2023, verificou-se a presença de escavações profundas (ver **Fig. 23**), claramente com aspeto de origem antrópica, feitas com recurso ao uso de maquinaria pesada, deduzindo através das pegadas deixadas. Estas atividades acabaram por destruir as diversas nebkas que ali se formaram nos meses anteriores (ver **Fig. 15**).

Provavelmente estas ações, que aparentam ser práticas comuns a cada ano, serviram para a remoção da areia acumulada em demasia, durante os temporais de inverno derivado dos ventos fortes sentidos (e com isso uniformizar a paisagem), já que a areia tende-se a acumular bastante junto aos muros da marginal no alinhamento onde poderia estar o cordão dunar original caso este não fosse interrompido.

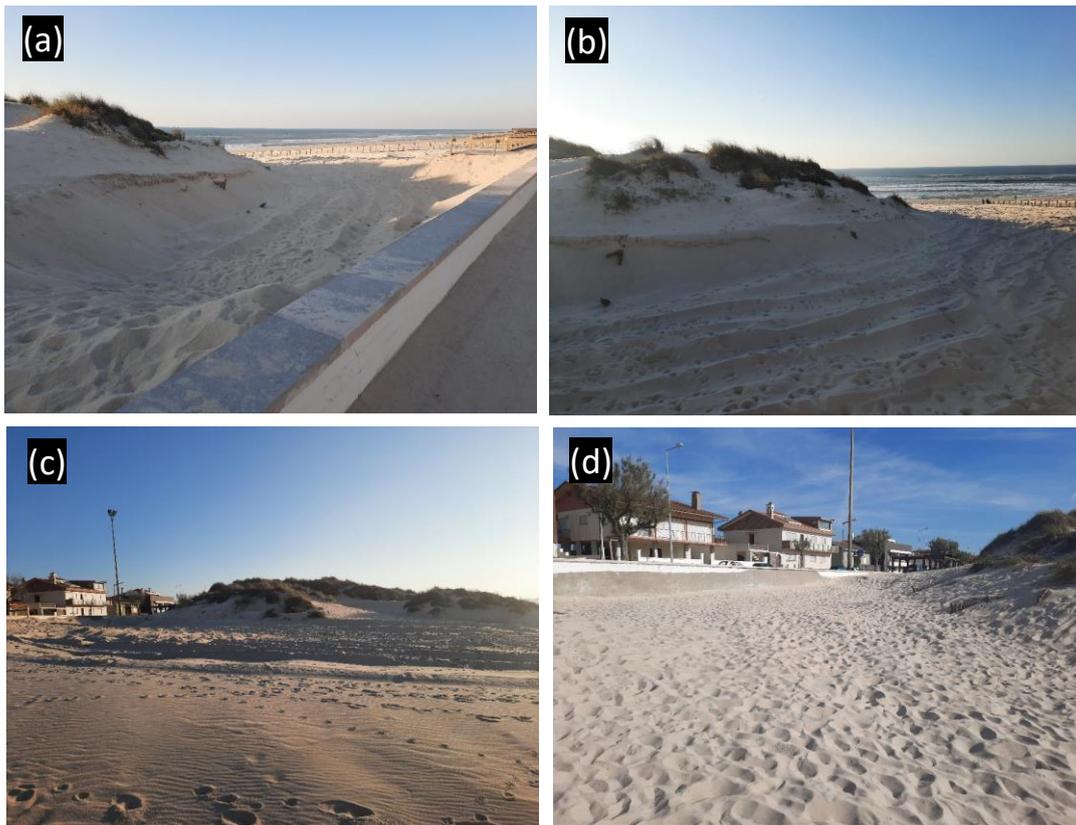


Figura 23 – Fotografias de vários ângulos e posições na praia que mostram algumas evidências de escavações antrópicas verificadas no período entre janeiro ou fevereiro 2023, em redor do trajeto percorrido no perfil B1: (a)/(b) a profundidade da escavação inicial vista a partir do passeio marginal; (c) a mesma escavação observada no centro da praia; (d) a mesma escavação fotografada, em abril 2023, no seu interior já após a existência de muito pisoteio humano.

É de salientar a existência de um corredor eólico de origem antrópica com dimensões significativas e em clara expansão natural, desde o inverno até ao atual verão, para o interior da duna no lado direito em direção à praia, que se pode encontrar no seguimento paralelo ao passadiço em estudo na Zona C. Esta forma eólica, exposta e moldada pelo vento forte recorrente nesta zona da praia, é fruto das escavações que foi necessário realizar no cordão dunar aquando da instalação do passadiço (ver **Fig. 24**).



Figura 24 – Exemplo de um corredor eólico provocado pela instalação do novo passadiço na Zona C em clara fase de expansão natural em um espaço de nove meses: (a)/(b) o tamanho do corredor eólico em outubro era mínimo e paralelo ao passadiço; (c)/(d) a expansão ao nível da sua largura é notória para o interior do espaço dunar em abril e maio, após todos os temporais e ventos fortes no inverno.

É também possível verificar a existência de vários depósitos de areia ainda sem, ou com muito escassa, vegetação instalada (talvez a principal esteja soterrada), de aparente origem antrópica com um aspeto nada natural (muito esbranquiçada e limpa), presente sempre nas laterais dos passadiços requalificados da zona mais meridional da praia, visíveis na parte interior destas dunas (ver **Fig. 25**). Supostamente, trata-se do resultado da remoção da areia em excesso por baixo dos passadiços aquando da escavação antrópica necessária para a sua instalação e montagem.



Figura 25 – Exemplo de depósitos de areia branca resultantes da instalação aquando da renovação dos passadiços na Zona A em todas as suas margens. (a) depósito de areia com escassa vegetação localizado no lado sul do 3º passadiço entre a Zona A e B; (b) outro depósito de areia idêntico com muita pouca vegetação localizado no lado oposto do mesmo passadiço na Zona B, tal como uma língua da areia assinalada com um percurso bem definido à direita da fotografia.

4.3 Vegetação dunar

Após proceder-se à devida identificação da vegetação dunar no campo, o principal resultado manifestou-se por faixas ou sequências com maior domínio de algumas espécies, em especial para a forte predominância em quantidades elevadas de Estorno (*Ammophila arenaria*) distribuído de forma natural e uniformemente pelas dunas da Tocha.

É de destacar uma ação recente de plantação de Estorno, entre a pré-duna já existente e a base da duna frontal na Zona B (ver **Fig. 26**), onde já existiam paliçadas, com o objetivo de auxiliar na construção e reforçar essa parte estrutural do cordão dunar que apresenta alguns corredores eólicos vincados na paisagem.



Figura 26 – Exemplo da referida ação de plantação de Estorno, conjugado com paliçadas, na Zona B.

A seguinte sequência de espécies de vegetação dunar (ver a realidade biogeográfica nas **Figs. 27 e 28**) foram observadas ao longo dos perfis topográficos transversais ao sistema praia-duna durante os levantamentos de campo já referidos:

A1: *Elymus farctus*, *Euphorbia paralias*, *Otanthus maritima*, *Ammophila arenaria*, *Crucianella maritima* e *Corema album*

A2: *Elymus farctus*, *Otanthus maritima*, *Ammophila arenaria*, *Euphorbia paralias*, *Eryngium maritimum*

A3: *Elymus farctus*, *Euphorbia Paralias*, *Ammophila arenaria*, *Calystegia soldanella*

B1: *Elymus farctus*, *Cakyle marítima*, *Crucianella maritima* e *Ammophila arenaria*

C1: *Elymus farctus*, *Otanthus maritima*, *Ammophila arenaria*, *Helichrysum italicum*

C2: *Elymus farctus*, *Cakyle marítima*, *Otanthus maritima*, *Calystegia soldanella*, *Ammophila arenaria*



Figura 27 - Fotografias correspondentes às espécies da vegetação dunar atualmente presente na Praia da Tocha em cada uma das três áreas-amostra e nas suas proximidades: (a) Granza-marítima encoberta pelo Estorno na Zona C; (b) Camarinheira no meio do Estorno próximo à crista da duna na Zona B; (c) Cardo-marítimo isolado a despontar na Zona C; (d) Estorno abundante visível na Zona C.

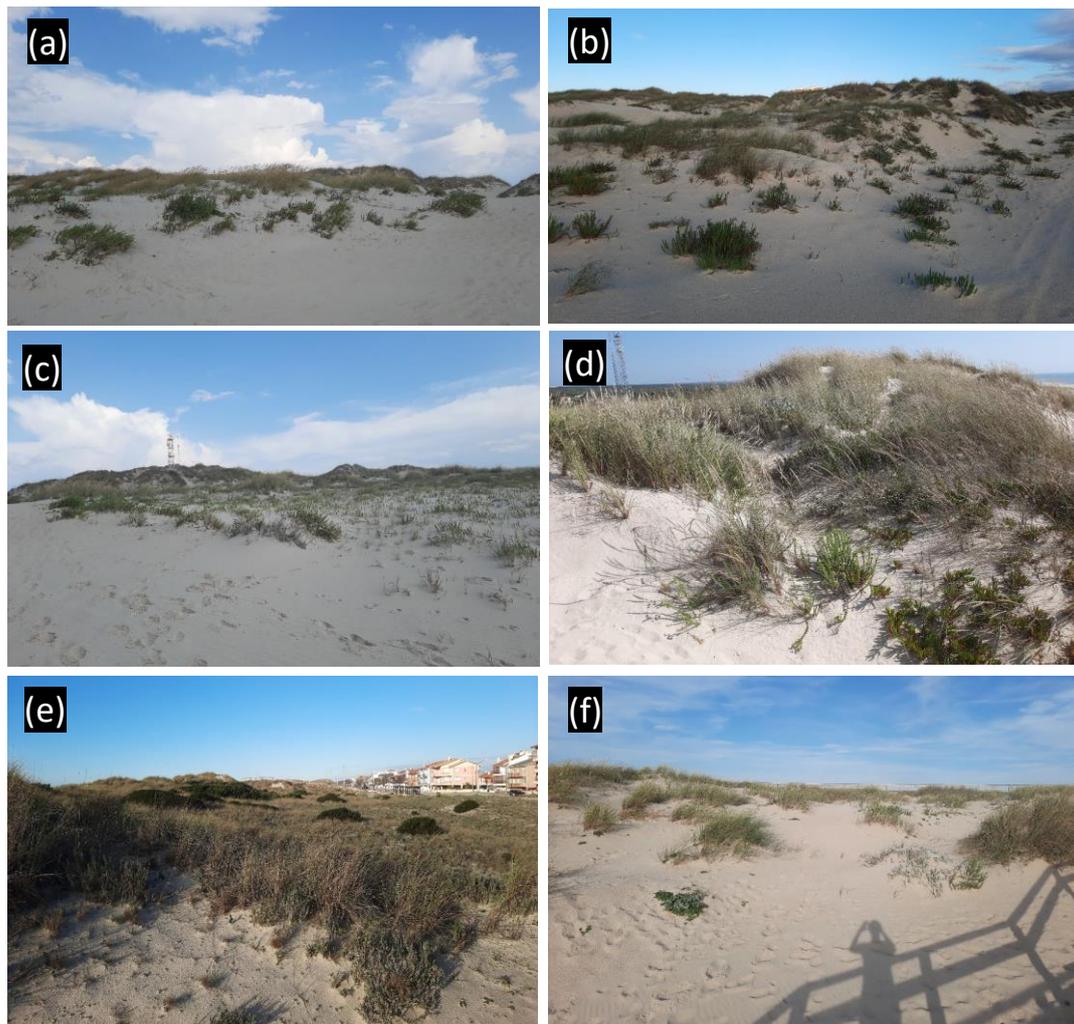


Figura 28 – Fotografias correspondentes às espécies da vegetação dunar e da paisagem no geral, atualmente presente na praia da Tocha em cada uma das três áreas-amostra e suas proximidades: (a)/(b)/(c) o tipo de vegetação geral encontrada na pré-duna da Zona A; (d) Estorno, Morganheira e Chorão das praias na crista da duna no perfil A2; (e) o tipo de vegetação observada no interior da duna frontal da Zona A; (f) Cordeirinhos brancos e as pequenas couves marinhas dispersas visíveis em redor do trajeto no perfil C2.

4.4 Evolução temporal da Praia da Tocha (2006-2022)

Neste capítulo, pretende-se conferir se houve uma evolução temporal evidente, num espaço de 16 anos, ao nível dos aspetos geomorfológicos da Praia da Tocha, através de uma comparação visual de seis imagens aéreas (**Fig. 29**). Todas estas imagens foram retiradas do Google Earth Pro e, de seguida, comparadas à mesma escala gráfica, para que seja possível identificar e assinalar algum tipo de modificações.



Figura 29 – Comparação visual de seis imagens aéreas sequenciais com o intuito de avaliar possíveis variações geomorfológicas na Praia da Tocha, na escala temporal 2006-2022.

A comparação de seis imagens adquiridas entre os anos 2006-2022, permite evidenciar que as pré-dunas e as dunas incipientes, que hoje existem na parte mais a sul da Praia da Tocha, são formas de relevo bem recentes, pelo que não são visíveis na imagem de 2006 (**Fig. 29**). Estas apenas começam a aparecer a partir do início da última década, ou seja, pelo menos só a partir de 2013.

Recorrendo ao simples uso da ferramenta de medição do Google Earth Pro, verifica-se que no perfil feito desde a linha de costa até à base da duna frontal, este oscila pouco em termos de metros (mesmo em estações do ano distintas) nas duas zonas delimitadas no centro e sul da praia. No cômputo geral, a morfologia da praia da Tocha não se altera muito, sendo, por essa razão, considerada uma praia estável em termos de erosão/acreção. À exceção talvez de uma mudança que sobressaiu na estrutura dunar inserida na zona mais setentrional da Praia da Tocha, já que esta parece ter recuado ligeiramente a posição da linha referente à base da duna frontal desde 2015, tendo desaparecido grande parte das dunas embrionárias (ligeiros sulcos na paisagem deixam de ser visíveis após 2015) por possível erosão, face à sua proximidade à ação direta das ondas, até então ali presentes (**Fig. 29**).

Na última ortofoto da Figura 25 já são visíveis os novos passadiços objeto de estudo, pormenor que mal se notava nas imagens anteriores visto que as infraestruturas antigas já estavam obsoletas em termos de qualidade e parcialmente soterradas pelas areias eólicas em várias partes do seu percurso pedonal.

5. DISCUSSÃO

5.1 Comparação dos perfis topográficos

Feita a descrição ao detalhe dos perfis combinados obtidos em quatro diferentes campanhas na Praia da Tocha, onde são visíveis modificações frequentes e intermitentes entre erosão e acreção de sedimentos ao longo de cada percurso delimitado, estes serão comparados com os dados morfológicos semelhantes obtidos no artigo de Lourenço et al. (2013) e Ferreira (1998). Estes estudos temáticos aqui citado foi realizado em praias muito próximas à praia da Tocha, quer a norte quer a sul, o que significa que esses perfis levantados são mais ou menos semelhantes nos seus valores de altura e no aspeto morfológico geral porque todas essas praias (Mira, Palheirão e Quiaios) pertencem ao mesmo segmento do cordão dunar quase ininterrupto que se formou naturalmente ao longo desta parte na região centro litoral de Portugal. Também a julgar pelos vários resultados aqui apresentados, é possível afirmar que se continua a verificar um balanço sedimentar positivo (ou seja, na sua maioria, há uma acreção estável em todo o areal e dunas) na praia da Tocha (ou pelo nome antigo: Palheiros da Tocha), algo que foi relatado e comprovado nestes seguintes estudos mais antigos (Ferreira, 1998; Menezes, 2011), mesmo num cenário hipotético de uma tempestade centenária, esta praia tem condições naturais para resistir aos seus maiores efeitos.

A nível internacional, existe um estudo bem recente (Lapietra et al., 2022), perfeitamente inserido na temática da dinâmica costeira (neste caso, foi aplicado numa praia italiana situada na costa sul do mar Adriático), em que várias das suas metodologias de investigação adotadas serviram efetivamente de inspiração (nomeadamente, a realização de perfis topográficos com um GPS portátil e posterior comparação visual para aferir as perdas e os ganhos no volume de sedimentos). Visto que se tentou replicar, na praia da Tocha, o uso dessas técnicas de análise mais minuciosa das dinâmicas morfológicas próprias das praias arenosas de costa baixa.

Os dados geográficos relativos à praia deserta do Palheirão são os mais interessantes de serem comparados nesta discussão, apesar de haver uma década de diferença na sua obtenção, visto que este local situa-se um pouco mais a Norte da Tocha e, por experiência própria, por já a ter visitado duas vezes nos últimos anos com tremenda dificuldade devido aos seus péssimos acessos para veículos, essas dunas apresentam características quase idênticas às Zonas A e C da Tocha, ao nível da vegetação existente e nos valores da altura na crista da duna (13 metros). O mesmo se aplica ao perfil de Mira Sul porque foi levantado fora do espaço urbano, que causa maior pressão antrópica nessa paisagem e fica situado numa zona com alguns passadiços elevados sobre a duna frontal. Nessa altura apresentou uma cota de elevação máxima de cerca 16 metros, valores médios que se verificaram, por várias vezes nas diversas campanhas feitas num período de um ano, no ponto

relativo à crista da duna frontal nas Zonas A e B da praia da Tocha. Os dados geográficos do mesmo género relativos à praia de Quiaios, localizada bem a sul da Tocha e sendo a penúltima praia deste enorme cordão dunar antes da Serra da Boa Viagem, também não devem ser descurados nesta interpretação porque o perfil mais a norte executado, nesse sítio, ainda apresenta algumas características similares ao nível da topografia dunar (11 metros de elevação máxima) que se pôde encontrar em certos pontos da praia da Tocha, mesmo que os valores atuais obtidos da cota máxima já sejam bem superiores. Comparativamente aos valores médios de elevação, nos locais exatos onde foram realizados os diversos perfis topográficos, que o Google Earth Pro disponibiliza simplesmente ao passar do cursor do rato nesses pontos em estudo (salvo qualquer erro ou diferença na escala utilizada por esta plataforma informática), os números obtidos nas várias campanhas feitas neste território são sempre superiores ao dos Google Earth entre 1 até 5 metros, ou seja, parece haver uma evolução notória e constante no processo de acreção sedimentar à crista da duna frontal.

Os principais episódios de erosão (manchas a vermelho nos gráficos apresentados na **Fig. 9**) em múltiplos segmentos do perfil dunar verificaram-se essencialmente nos perfis executados entre novembro, janeiro e fevereiro, em alguns casos até parece que houve um ligeiro recuo da base da duna frontal. Diria que são previsíveis estas modificações mais acentuadas neste período do ano porque são os meses correspondentes ao final de Outono e ao pico da atividade no Inverno, tendo-se verificado nesta altura do ano vários temporais intensos (ver exemplos nos anexos), oriundos do oceano Atlântico Norte, sempre muito ativo. Estas intempéries trouxeram imensa agitação marítima (ondas com uma altura até 5/6 metros), chuva intensa e ventos fortes (na escala de Beaufort com valores de intensidade no nível amarelo e laranja na ordem dos 5/6/7) a esta região litoral. Estas condições meteorológicas adversas certamente tiveram um papel preponderante nas oscilações entre fases de maior erosão ou acreção na grande maioria dos seis perfis executados, o que permite atestar a dinâmica dunar associada a estes espaços geomorfológicos.

Nas várias comparações feitas, os perfis A2 e B1 parece que sofreram erosão considerável na face, na base e até na crista da duna frontal visto que esses pontos recuaram ou diminuíram em altura, a julgar pelas diversas manchas vermelhas assinaladas entre o período de Inverno e Primavera. É algo relevante de se apontar porque o primeiro perfil fica situado logo à direita do principal passadiço em estudo na Zona A e o segundo mencionado está localizado no centro da praia. O trajeto do perfil B1 atravessa, lateralmente, duas dunas isoladas no centro da praia, que estão muito expostas à ação erosiva do vento nesse preciso local.

Os perfis da Zona C foram os que mais oscilaram entre maiores fragmentos de erosão do que acreção nos sedimentos. Esse facto penso que se explica, em princípio, porque o cordão dunar desta

zona não é tão robusto face ao vento forte e persistente da Nortada como é mais resistente na parte sul da praia, está mais próximo (e suscetível) à ação erosiva das ondas do mar nos períodos de maré alta e, por fim, ainda se nota, pela vegetação dunar menos densa e mais dispersa ali existente, que está em fase de consolidação visto que a altura da crista da duna aqui é bem inferior ao que é verificado na zona sul da praia (em média ronda entre os 12/14 metros na Zona C enquanto na Zona A ronda entre os 16/20 metros no ponto mais alto do perfil). Daí talvez advém a instalação moderna de muitos conjuntos de paliçadas distribuídas nesta parte da praia com intuito de fortalecer esta parte do cordão dunar. Têm como principal objetivo reduzir uma provável erosão provocada pelo mar em eventos costeiros meteorológicos mais severos ou impedir o recuo da linha da base relativa à duna frontal, algo que pode ter acontecido em um passado recente como na década anterior, a julgar por algumas ortofotos mais antigas.

No período compreendido entre os meses de fevereiro e de junho, houve uma acreção sedimentar muito significativa em quase todos perfis levantados. Essa evidência de certo modo previsível explica-se porque são as estações do ano mais amenas ou quentes, com menos temporais adversos a atingir esta zona da costa portuguesa. Mas sobretudo, é nesta fase do ano em que se faz sentir a Nortada (o tipo de vento regional mais comum que sopram na costa portuguesa) de forma mais intensa e duradoura no que toca à sua presença nesta região litoral. Isto é assim devido ao comportamento meteorológico do anticiclone dos Açores que essencialmente tende a ficar “estacionado” ao largo da costa norte e centro de Portugal durante várias semanas consecutivas.

Na generalidade dos perfis comparados, fazendo uma retrospectiva à dinâmica dunar inerente à Praia da Tocha, penso que se verificou alguma variabilidade sazonal natural e previsível de se encontrar neste tipo de investigação com recurso à execução de perfis topográficos transversais à duna frontal porque houve maior erosão no Inverno do que nas restantes estações do ano. No entanto, para se avaliar a real magnitude da variabilidade sazonal associada a esta praia seria necessário mais do que uma campanha no terreno de recolha deste tipo de dados. Ainda assim, o balanço é positivo na Praia da Tocha porque houve, de facto, mais segmentos de acreção (26) contabilizados com volumes de sedimentos ganhos do que o contrário (21), indiciando uma manutenção da estabilidade no balanço sedimentar nesta praia.

5.2 Análise das formas de relevo

Depois de apresentar os esboços geomorfológicos de pormenor da Tocha, é agora necessário discutir e comparar os resultados obtidos com outros estudos nacionais e internacionais em praias

arenosas que tenham características dunares bem semelhantes, em conjunto com o posicionamento de certos passadiços em estudo, sem nunca descurar o seu mais que provável efeito no surgimento de algumas destas evidências no relevo das dunas.

Na pesquisa de bibliografia temática, realizada para o nível regional, parece haver um maior destaque demonstrado no predomínio de estudos deste setor costeiro aplicados só às praias de Mira ou Quiaios, visto que essas 2 praias exibem mais problemáticas de tipos diferentes. No caso da primeira, esta aparenta ser menos estável no ponto de vista do seu balanço sedimentar, havendo mesmo um recuo devido à erosão costeira e a segunda praia tem excessos de passadiços com diversas orientações geométricas que proporcionam erosão eólica na duna frontal à escala local. Portanto, há assim muito poucas referências ao atual estado geomorfológico da Praia da Tocha, talvez por causa da sua localização mais isolada.

Posto isto, há sem dúvida um elevado número de corredores eólicos mapeados (pelo menos 20), com dimensões variáveis, dispersos pelo cordão dunar e, quase sempre no seu alinhamento, formaram-se línguas de areia para o interior da duna frontal que foram aproveitadas para criar percursos artificiais de acesso à praia por entre a vegetação que segura essas dunas nesses pontos específicos. À escala local, estas formas de relevo possibilitam (a médio prazo) uma aceleração dos processos erosivos, por ação do vento, na face da duna frontal porque a velocidade do vento tende a ser maior no seu interior devido ao efeito de afunilamento (Almeida, 2011), desgastando-a nesses pontos particulares. É muito importante realçar que praticamente todos os passadiços que servem de acesso a esta praia têm corredores eólicos em seu redor, alguns formados naturalmente e outros que parecem ter uma origem antrópica na sua génese inicial, mas com uma expansão natural devido à força constante da Nortada nesse local em específico, derivado da localização errada adotada dessas infraestruturas pedonais.

Ainda assim, deve ser realçado o aparecimento natural de três pré-dunas mapeadas de grandes dimensões (e atualmente com muita cobertura de vegetação densa por cima), que podem servir como mais uma barreira e/ou camada para fortalecer a base da duna frontal, o que pode indiciar uma boa saúde da praia ao nível das suas dinâmicas litorais/naturais. Neste caso, diga-se de forma natural e previsível já que é uma paisagem um pouco mais selvagem e isolada por estar mais resguardada da confusão do centro da praia em época balnear, onde se concentram mais pessoas, o que permite a natural criação dessa forma de relevo com estas dimensões sem que a pressão antrópica interfira em demasia no seu processo de formação.

Por exemplo, recordo-me, há alguns anos atrás, da existência de uma estrutura em madeira, instalada sob a forma de um muro, posicionada paralelamente à base da duna frontal ao longo de

toda a parte sul da Zona A da Tocha, que deveria servir como proteção ao tal pisoteio nocivo à duna, mas que atualmente encontra-se quase totalmente soterrado (exceto à esquerda do passadiço mais meridional em estudo) devido à forte e constante acreção sedimentar por via eólica nesse espaço no seguimento do último passadiço e principalmente porque surgiu a tal pré-duna de enormes dimensões que cobriu essa área sul toda tal e qual como foi mapeada.

No verão ou durante a época balnear, uma altura do ano que acarreta uma enorme pressão e atividade turística/lazer a este lugar, verifiquei muitas pegadas (e algum lixo do tipo plástico espalhado no meio da vegetação no espaço dunar e até por baixo dos passadiços, o que revela alguma falta de civismo, algo transversal a outras praias portuguesas) no areal de vários tipos nestes locais sensíveis em específico na Tocha onde se podem contemplar estas formas de relevo sensíveis, mas que ao meu ver deveriam ser mais protegidos e vedados a este pisoteio aleatório, desmesurado e prejudicial ao seu crescimento na íntegra e estabilidade da vegetação e da própria areia.

Quanto ao aspeto natural do perfil geomorfológico e a sequência do tipo de vegetação dunar encontrado durante o período de investigação efetuado na Praia da Tocha, é exatamente idêntico aos esquemas seguintes (ver **Fig. 30** e **31**) que estão expostos na bibliografia temática relativa à geomorfologia e biogeografia que seria expectável de se observar numa praia arenosa de grande envergadura tal como esta situada no litoral centro português.

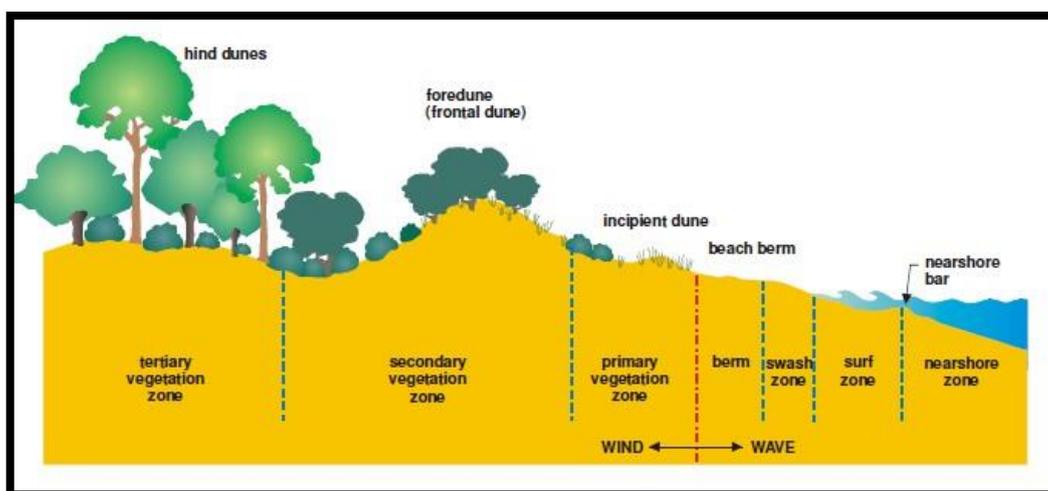


Figura 30 – Exemplo de esquema sobre o perfil geomorfológico natural de uma praia arenosa com as mesmas características às da Praia da Tocha (Retirado de NSW Land and Water Conservation 2001).

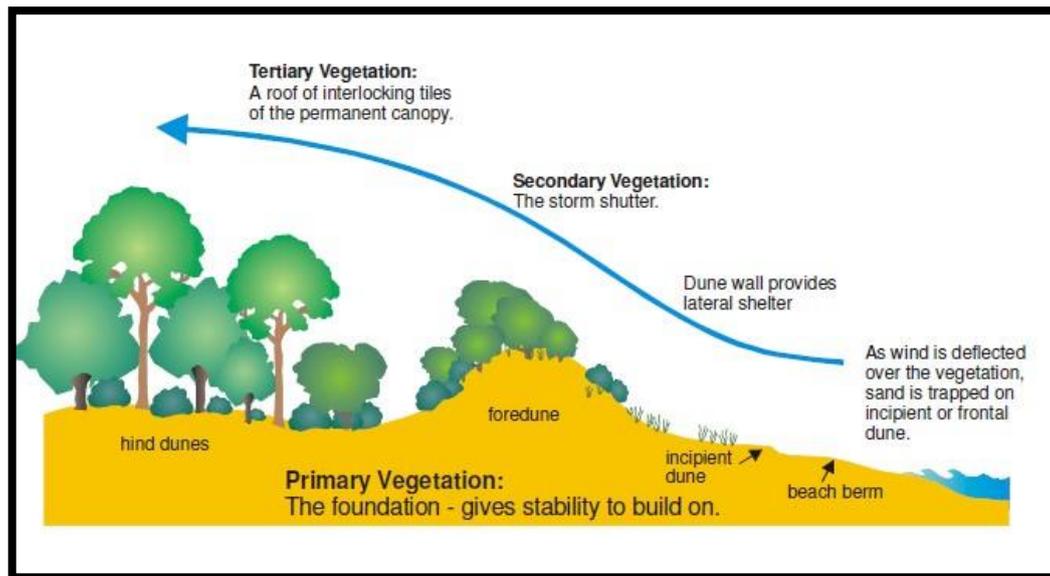


Figura 31 – Exemplo de esquema relativo à sequência natural da vegetação dunar previsível de uma praia arenosa com as mesmas características às da Praia da Tocha (Retirado de NSW Land and Water Conservation 2001).

5.3 Passadiços e propostas de mitigação

Mediante os resultados cartográficos já obtidos, este capítulo serve para apresentar sugestões e propostas de mitigação para as formas de relevo prejudiciais à estabilidade da duna frontal na parte virada para o mar, face à 4ª pergunta de investigação colocada na introdução desta dissertação.

As principais medidas mais abrangentes sugeridas para os problemas encontrados são: o uso de outros tipos de infraestruturas elevadas menos intrusivas à duna ou, melhor ainda, devia haver a redução da quantidade dos passadiços existentes ao mínimo necessário (talvez apenas dois por zona) e adotar mais medidas preventivas para corrigir e proteger as formas geomorfológicas (corredores eólicos, pré-dunas, etc.) de origem natural ou cuja formação tenha sido induzida antropicamente (devido à instalação de certos passadiços) que estão presentes ou em clara fase de formação ao longo de todo cordão dunar da Tocha.

No caso do passadiço mais meridional em causa nesta praia (**Fig. 18**), a estrutura está localizada por cima de um dos pontos mais altos e robustos do cordão dunar na Tocha e como já foi referido tem um corredor eólico bifurcado, cuja trajetória atravessa-o na diagonal, havendo areia depositada regularmente em cima do passadiço nesse ponto específico. A parte final do seu percurso, penso que tem uma orientação aceitável visto que a sua base elevada está instalada com

uma direção para sudoeste (nem virada para o mar nem para noroeste), permitindo que a areia transportada pelo vento circule por baixo e alimente a base da duna frontal nesse ponto. Sendo que apenas numa sequência de temporais, o vento local pode exibir esta direção mais predominante, por isso esta parte do passadiço está bem direcionada tendo em conta as dinâmicas naturais. Esta infraestrutura está mais ou menos bem integrada no cordão dunar, exceto no lugar da duna escolhido para ser atravessado, devido à principal problemática descrita na **Fig. 13**.

No caso do segundo passadiço mais setentrional da praia, toda a estrutura está bastante errada porque primeiro foi feita uma abertura propositada do cordão dunar neste ponto sensível, sendo que a Zona C é mais suscetível à erosão costeira do que as restantes. E mais, a própria orientação adotada na base do passadiço transversal no seu momento de instalação é incorreta porque está em alinhamento perfeito com a direção predominante do vento local (Nortada), o que, por norma, deveria ser o oposto (**Fig. 32**) para não perturbar a circulação nem a deposição dos sedimentos transportados por via eólica e, dessa forma, não facilitar o aumento do corredor eólico paralelo a este passadiço, cuja sua expansão atual está demonstrada na **Fig. 24**. Resumindo, este passadiço deveria ser removido para não sobrecarregar este ponto mais sensível do cordão dunar a norte da Praia da Tocha, pois esta estrutura foi instalada de forma incorreta no que toca à sua direção de alinhamento e à localização escolhida para a sua montagem na duna.

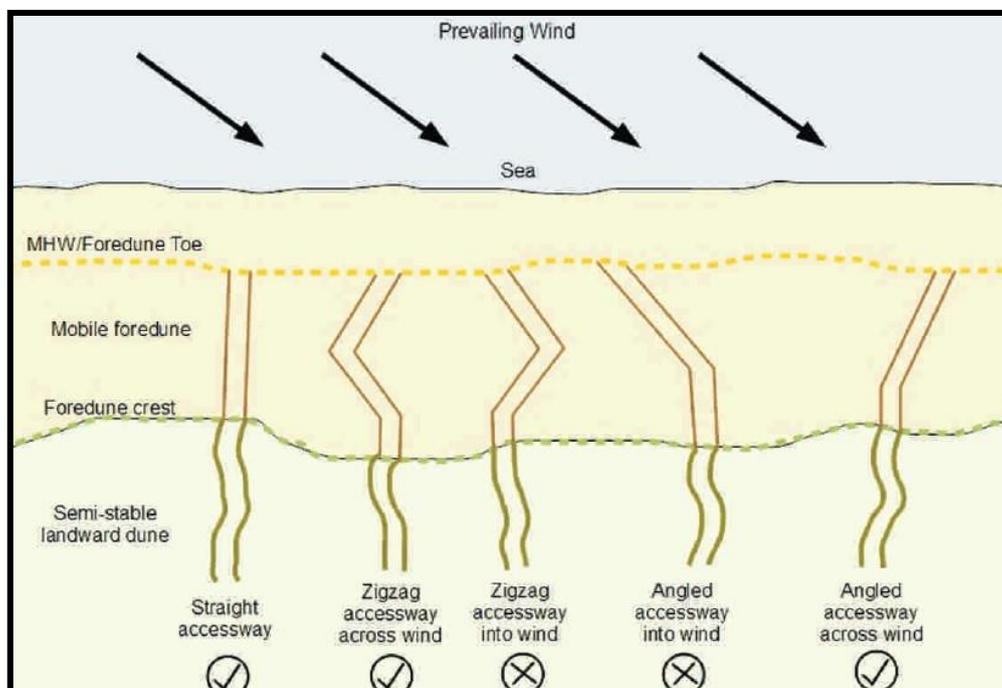


Figura 32 – Exemplo de um esquema sobre os tipos de passadiços corretos a utilizar sobre a duna frontal consoante as dinâmicas naturais do vento local (Retirado de Bergin et al., 2011).

Exemplos de medidas preventivas: haver reforço na instalação de mais conjuntos de paliçadas (de preferência, em madeira reciclada presa com arames, que seja resistente à degradação natural provocada pela maresia salgada, como já existem alguns exemplos aplicados nesta praia - **Fig. 33**) na base da maior parte dos corredores eólicos cartografados. Estes têm de estar instalados com a direção correta para o vento local predominante, para que haja maior acumulação de areia nesse local, de forma a estancar o seu desenvolvimento, permitindo diminuir esses vales ou túneis de areia e promover o aparecimento natural da vegetação dunar com intuito de reter essa areia para fortalecer a duna frontal em cada foco de erosão.

A outra recomendação é o uso de estacas ou fitas de vedação com avisos em redor das várias pré-dunas existentes em processo contínuo de formação natural para as preservar do pisoteio e desleixo antrópico, muito habitual de se presenciar em períodos de lazer no Verão, já que estas por vezes se instalam e circulam pelo meio das pré-dunas.



Figura 33 – Exemplo de grupo de paliçadas já instaladas em alguns pontos fulcrais na Praia da Tocha com o objetivo de fortalecer o seu cordão dunar e corrigir algumas formas de relevo prejudiciais: (a) as paliçadas colocadas na base de um corredor eólico enorme paralelo ao passadiço intermédio entre a Zona A e B; (b) a quantidade de paliçadas existentes na Zona C, a parte mais norte da mesma praia, ao longo da base da duna frontal para reforçar o cordão dunar nesse lugar sensível à erosão.

De referir que países como a Nova Zelândia ou Austrália dão uma tremenda atenção ao ordenamento eficaz do território em zonas litorais (e Portugal devia aprender melhor com estes bons exemplos porque o que não falta por cá são praias nacionais com muitos passadiços mal instalados), com grande enfoque ao nível da proteção das dunas que se desenvolvem nas suas praias arenosas e que são relativamente parecidas às portuguesas em termos geomorfológicos.

Particularmente, ao ponto de determinar quais as melhores opções de tipos de passadiços mais corretos que devem ser usados para reduzir a erosão costeira no geral, evitar o atropelo

agressivo da vegetação dunar (pode levar à perda de altura da duna frontal) ou diminuir o efeito de túnel criado pelo vento na face da duna frontal. Este último problema, conjugado com a configuração local dos passadiços escolhidos, pode levar à típica formação dos corredores eólicos de múltiplas dimensões que impedem a parte dos sedimentos transportados pelo vento de permanecer na base ou cimo da duna frontal, tais como os muitos exemplos que foram mapeados e documentados nesta investigação à praia da Tocha.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Tentativa de respostas às perguntas prévias

Em jeito de conclusão, tentando responder às perguntas iniciais formuladas no início da investigação, de facto existem algumas formas de relevo na Praia da Tocha que se formaram e expandiram, algumas induzidas (corredores eólicos) ou criadas (depósitos de areia) pela instalação recente dos passadiços renovados e outras já existentes derivadas de passadiços bem mais antigos, que podem ser prejudiciais a médio prazo na saúde da duna frontal em certos lugares da área em estudo. Em alguns casos, verifiquei o desenvolvimento *in loco* de corredores eólicos ou dunas incipientes durante o período de investigação. De notar que ao todo existem seis passadiços do tipo elevado (um paralelo que se conecta entre os três passadiços de acesso direto e perpendicular à praia na Zona C) que atravessam efetivamente o cordão dunar com o objetivo principal de evitar o atropelo desmedido desse ambiente, mas que é um número excessivo destas infraestruturas para a escala do território em causa, visto que quase todos os passadiços têm formas eólicas relacionadas e algumas de dimensões consideráveis.

Apesar de tudo, a julgar pelos perfis transversais realizados, esta praia continua a ser bastante estável ao nível da reposição sedimentar, tal como a pouca bibliografia existente apontava, ainda que se verifica a tal variabilidade sazonal nos perfis executados contendo alguma erosão em casos pontuais (zona mais a norte parece ser a parte mais sensível de todo o cordão dunar da Tocha). Mas que na sua grande maioria, é uma praia que apresenta uma forte acreção regular entre a transição do inverno até aos meses de verão, mantendo muito estável o seu areal e as dunas de enormes dimensões sem grandes modificações no seu tamanho. Penso que em muito contribui, para essa estabilidade, o facto da sua localização ser algo isolada (menor pressão antrópica) das demais nesta região da costa portuguesa, estando inserida entre praias desertas (a norte, o Palheirão e a sul, a Costinha), sem influência alguma dos esporões construídos mais a norte em Mira, que alteraram artificialmente esse segmento da linha de costa.

Em suma, sim, a vegetação no geral onde se inclui o estorno, bastante abundante nesta praia, que é considerada a espécie mais importante na manutenção do ecossistema dunar, continua a receber areia mais que suficiente para estimular o seu processo natural de estabilização estrutural da duna frontal. Prova disso é que de forma recorrente vê-se uma nova espécie de vegetação dunar a despontar nos espaços em branco por entre as dunas. Ainda que os passadiços em alguns locais possam perturbar nessa tarefa porque ao servirem de obstáculo ao vento na dinâmica natural da circulação dessa areia eólica, esta acumula-se em redor da base do passadiço, o que acaba por formar mais dunas incipientes e pode não alimentar a duna frontal.

Assim sendo, penso que esta praia justifica manter uma monitorização constante e atenta às dinâmicas intrínsecas da duna frontal no curto ou médio prazo em conjunto com o posicionamento dos passadiços, mesmo com estes resultados mais ou menos positivos que se obteve na generalidade da investigação, apesar de haver outras praias nacionais com muito menos bom estado de conservação das condições naturais que devem requerer maior atenção neste tipo de supervisão.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, A. C. (1995). Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem. Tese de doutoramento em Geografia Física, Universidade de Coimbra.
- Almeida, A. C. (2011). Praia do Areão (Vagos, Centro de Portugal) – Dinâmica e gestão da duna frontal. *Estudos do Quaternário, Revista da Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário*, nº 7, pp. 79-86.
- André, J. N. (2020). Ambientes costeiros do centro de Portugal: análise da evolução da linha de costa de Buarcos a S. Pedro de Moel e interpretação da morfologia dunar adjacente. Tese de doutoramento em Geografia Física, Universidade de Coimbra.
- Barbosa, B.; Soares, A.; Rocha, R.; Manuppella, G. e Henriques, M. (2008). Mapa geológico e Notícia Explicativa da Folha 19-A, Cantanhede - Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000, Lisboa.
- Bergin, D. e Bergin, M. (2011). Technical Handbook Section 9: Article 9.2 – Accessways on coastal sand dunes. Dune Restoration Trust of New Zealand, Environmental Restoration Ltd.
- Costas, S.; Ferreira, O. e Talavera, L. (2022). A new index to assess the state of dune vegetation derived from true color images. *Ecological Indicators* 137.
- Costas, S.; Gallego-Fernández, J.; Sousa, L. e Kombiadou, K. (2023). Ecogeomorphic response of a coastal dune in southern Portugal regulated by intrinsic factors. *Catena* 221.
- Danielsen, R. (2008). Palaeoecological development of the Quiaios-Mira dunes, northern-central littoral Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology* 152, 74-99.
- Dias, J.; Ferreira, O. e Pereira, A. (1994). Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré. Relatório final ESAMIN, Lisboa.
- Dimuccio, L. A. (2014). A carsificação nas Colinas Dolomíticas a sul de Coimbra (Portugal Centro-ocidental) - Fácies deposicionais e controlos estratigráficos do (paleo)carso no Grupo de Coimbra (Jurássico Inferior). Tese de doutoramento em Geologia, Universidade de Coimbra.
- Dinis, P. (2004). Evolução pliocénica e quaternária do Vale do Cértima. Tese de doutoramento em Geologia, Universidade de Coimbra.
- Eichentopf, S.; Karunarathna, H. e Alsina, J. (2019). Morphodynamics of sandy beaches under the influence of storm sequences: Current research status and future needs. *Water Science and Engineering*, 12 (3): 221-234.
- Ferreira, O. (1993). Caracterização dos principais fatores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e o Cabo Mondego. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa.

- Ferreira, O. (1998). Morfodinâmica de praias expostas: aplicação ao sector costeiro entre Aveiro e o Cabo Mondego. Tese de doutoramento em Ciências do Mar, Universidade do Algarve.
- Ferreira, O. (2023). The effectiveness of elevated boardwalks in restoring coastal dunes. *Journal of Environmental Management* 345.
- Gomes, F.; Pinto, F.; Neves, L. e Barbosa, J. (2006). Pilot Site of River Douro – Cape Mondego and Case Studies of Estela, Aveiro, Caparica, Vale do Lobo and Azores. EUROSION, Porto.
- Gonçalves, G. e Andriolo, U. (2022). Is coastal erosion a source of marine litter pollution? Evidence of coastal dunes being a reservoir of plastics. *Marine Pollution Bulletin* 174.
- Jackson, D. e Short, A. (2020). *Sandy Beach Morphodynamics*. Elsevier (Derek Jackson & Andrew Short, Eds.).
- Jackson, N. e Nordstrom, K. (2011). Aeolian sediment transport and landforms in managed coastal systems: A review. *Aeolian Research* 3, 181-196.
- Jackson, N. e Nordstrom, K. (2020). Trends in research on beaches and dunes on sandy shores, 1969-2019. *Geomorphology* 366.
- Kullberg, J. C. (2000). *Evolução Tectónica Mesozoica da Bacia Lusitaniana*. Tese de doutoramento em Geologia, Universidade de Lisboa.
- Kullberg, J.; Rocha, R.; Soares, A.; Rey, J.; Terrinha, P.; Callapez, P. e Martins, L. (2006) – A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria* (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.). Universidade de Évora, pp. 317-368.
- Lapietra, I.; Lisco, S.; Mastronuzzi, G.; Milli, S.; Pierri, C.; Sabatier, F.; Scardino, G. e Moretti, M. (2022). Morpho-sedimentary dynamics of Torre Guaceto beach (Southern Adriatic Sea, Italy). *J. Earth System Science* 131-64.
- Lourenço, C.; Almeida, A.; Baptista, P. (2013). Dinâmica da duna frontal em função das intervenções humanas: análise de três exemplos do litoral centro de Portugal. *GOT - Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, Vol. 4: 129-152.
- Medeiros, W.; Cunha, L. e Almeida, A. C. (2014). Paisagem e riscos ambientais no litoral da Areia Branca (RN, Brasil) e na Figueira da Foz (Centro de Portugal). In *Paisagens e Dinâmicas Territoriais em Portugal e no Brasil*. As Novas Geografias dos Países de Língua Portuguesa, LÚCIO CUNHA e RUI JACINTO, Centro de Estudos Ibéricos e Âncora Editora, pp. 205-225.
- Menezes, G. M. (2011). *Estudo da evolução da linha de costa entre o cabo Mondego e Aveiro (1958-2010)*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Terra, Universidade de Coimbra.
- NSW Department of Land and Water Conservation (2001). *Coastal Dune Management: A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques*. Coastal Unit, DLWC, Newcastle, Australia.

- Pais, J.; Cunha, P.; Legoinha, P.; Dias, R.; Pereira, D. e Ramos, A. (2013). Cenozoico das Bacias do Douro (setor ocidental), Mondego, Baixo Tejo e Alvalade. *Geologia de Portugal*, Vol. 2 – *Geologia Meso-cenozoica de Portugal* (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.).
- Pais, J.; Cunha, P.; Pereira, D.; Legoinha, P.; Dias, R.; Kullberg, J.; Silveira, A. e Gonzalez-Delgado, J. (2012). *The Paleogene and Neogene of Western Iberia (Portugal): A Cenozoic Record in the European Atlantic Domain*, Springer.
- Pinto, C.; Mendes, T. e Teixeira, S. (2020). Beach nourishment practice in mainland Portugal (1950-2017): Overview and retrospective. *Ocean and Coastal Management* 192.
- Ribeiro, J. L. (2006). Centralidade geo-ambiental do estuário do Mondego no ordenamento da zona costeira da Figueira da Foz. Tese de doutoramento em Geografia, Universidade de Coimbra.
- Romão, S. R. (2014). Balanço sedimentar costeiro no troço litoral entre a praia da Barra e a praia de Mira. Dissertação de Mestrado em Engenharia Geológica, Universidade de Aveiro.
- Ruessink, B.; Arens, S.; Kuipers, M. e Donker, J. (2018). Coastal dunes dynamics in response to excavated notches. *Aeolian Research* 31, 3-17.
- Santos, A. F. (2015). Caracterização Geológica e Geofísica da área do porto da Figueira da Foz. Dissertação de Mestrado em Ciências do Mar e das Zonas Costeiras, Universidade de Aveiro.
- Santos, F.; Lopes, A.; Moniz, G.; Ramos, L. e Taborda, R. (2014). *Gestão da Zona Costeira: O Desafio da Mudança - Relatório do Grupo do Litoral*.
- Santos, F.; Lopes, A.; Moniz, G.; Ramos, L. e Taborda, R. (2017). *Grupo de Trabalho do Litoral: Gestão da Zona Costeira - O desafio da mudança*. Filipe Duarte Santos, Gil Penha-Lopes e António Mota Lopes (Eds.), Lisboa.
- Soares, A.; Lapa, M. e Marques, J. (1986). Contribuição para o conhecimento da litologia das unidades meso-cenozoicas da Bacia Lusitaniana a Norte do “acidente” da Nazaré (Sub-zona Setentrional). *Memórias e Notícias*, Coimbra nº 102, pp. 23-41.
- Viegas, X; Almeida, R.; Ribeiro, L.; Raposo, J.; Viegas, M.; Oliveira, R.; Alves, D.; Pinto, C.; Jorge, H.; Rodrigues, A.; Ribeiro, C.; Lopes, S. e Viegas, C. (2019). Análise dos Incêndios Florestais ocorridos a 15 de outubro de 2017. Relatório para o Ministério da Administração Interna, Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais, Universidade de Coimbra.
- Vieira, G.; Zêzere, J. e Mora, C. (2020). *Landscapes and Landforms of Portugal*. Springer (Gonçalo Vieira, José Luís Zêzere & Carla Mora, Eds.).
- Williams, H. (2018). Assessing the Effectiveness of Coastal Fore-dune Barriers in Reducing Hurricane Washover Sedimentation. *Journal of Coastal Research*, Vol. 34, No. 3, 503-509.

<https://www.ipma.pt/pt/maritima/costeira/index.jsp?selLocal=117&idLocal=117> (último acesso feito em Agosto 2023)

<https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1> (último acesso no dia 28/08/2023)

<https://www.dn.pt/lusa/incendios-fogo-destrui-seis-mil-hectares-em-cantanhede-sem-danos-pessoais-8855150.html> (último acesso feito em Outubro 2023)

ANEXOS

Prints de tabelas relevantes do IPMA recolhidas ao longo da investigação que contêm os principais dados meteorológicos locais nos dias das idas ao campo (no processo de levantamento dos perfis):

3Nov, 5ª feira		4Nov, 6ª feira			5Nov, sábado		6Nov, domingo			
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	2.6	2.5	↘	7.0	12.4	11.9	↓	4	18.0	27.5
01h	2.6	2.5	↘	7.0	12.3	12.4	↓	4	17.9	27.9
02h	2.6	2.5	↘	7.1	12.3	13.0	↓	4	17.9	28.8
03h	2.6	2.6	↘	7.2	12.4	13.7	↓	4	17.9	30.5
04h	2.7	2.6	↘	7.3	12.6	14.3	↓	4	17.9	32.8
05h	2.8	2.7	↘	7.5	12.8	14.0	↓	4	17.9	36.0
06h	2.9	2.8	↘	7.7	13.1	14.4	↓	4	17.9	39.7
07h	3.0	2.9	↘	7.9	13.4	14.5	↓	4	17.9	43.4
08h	3.1	3.0	↘	8.1	13.6	13.6	↓	4	17.8	46.7
09h	3.1	3.1	↘	8.4	13.7	12.1	↘	4	17.8	49.9
10h	3.2	3.1	↘	8.6	13.8	10.2	↘	3	17.8	52.7
11h	3.2	3.2	↘	8.9	13.8	10.7	↓	3	17.8	54.9
12h	3.2	3.2	↘	9.0	13.9	11.9	↓	4	17.9	55.9
13h	3.2	3.2	↘	8.9	13.8	12.4	↓	4	17.9	55.8
14h	3.2	3.1	↘	8.9	13.8	13.0	↓	4	17.9	55.0
15h	3.2	3.1	↘	8.8	13.8	12.7	↓	4	17.9	54.0
16h	3.2	3.1	↘	8.7	13.7	12.6	↓	4	17.9	52.6
17h	3.1	3.1	↘	8.7	13.7	11.9	↓	4	17.8	51.2
18h	3.1	3.0	↘	8.6	13.6	11.4	↓	4	17.8	49.5
19h	3.0	3.0	↘	8.5	13.6	11.3	↓	4	17.8	47.6
20h	3.0	2.9	↘	8.5	13.5	11.0	↓	3	17.8	45.7
21h	2.9	2.9	↘	8.4	13.4	10.4	↓	3	17.8	43.7
22h	2.9	2.8	↘	8.4	13.3	9.0	↓	3	17.8	41.9
23h	2.8	2.8	↘	8.5	13.2	7.9	↓	3	17.8	40.3

13Jan, 6ª feira		14Jan, sábado			15Jan, domingo					
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	3.0	3.0	↘	9.9	13.9	6.1	↘	2	15.4	53.3
01h	3.0	3.0	↘	9.4	13.8	8.3	↘	3	15.4	50.7
02h	3.0	3.0	↘	9.4	13.7	8.0	↘	3	15.4	51.0
03h	3.0	3.0	↘	9.4	13.7	8.3	↘	3	15.4	50.8
04h	3.0	3.0	↘	9.4	13.7	8.8	↘	3	15.4	51.0
05h	3.0	3.0	↘	9.3	13.7	9.7	↘	3	15.4	50.6
06h	3.0	3.0	↘	9.2	13.7	9.2	↘	3	15.4	50.7
07h	3.0	3.0	↘	9.4	13.7	7.9	↘	3	15.4	51.7
08h	3.0	3.0	↘	9.5	13.7	7.9	↘	3	15.4	52.6
09h	3.0	3.0	↘	9.6	13.8	8.7	↘	3	15.4	53.2
10h	3.0	3.0	↘	9.5	13.9	9.4	↘	3	15.4	53.0
11h	3.0	3.0	↘	9.6	14.1	9.4	↘	3	15.4	53.1
12h	3.0	3.0	↘	9.7	14.3	8.2	↘	3	15.4	53.8
13h	3.0	3.0	↘	9.9	14.4	7.1	↑	3	15.4	54.7
14h	3.0	3.0	↘	10.1	14.4	6.4	↑	2	15.4	55.3
15h	3.0	3.0	↘	10.2	14.4	6.9	↑	2	15.4	55.1
16h	3.0	3.0	↘	10.2	14.3	6.9	↑	2	15.4	54.3
17h	2.9	2.9	↘	10.2	14.2	6.6	↑	2	15.4	53.4
18h	2.9	2.9	↘	10.2	14.1	6.9	↑	2	15.4	52.2
19h	2.9	2.9	↘	10.1	14.0	7.1	↑	3	15.4	50.8
20h	2.9	2.9	↘	9.9	13.9	7.5	↑	3	15.4	49.1
21h	2.8	2.8	↘	9.7	13.8	8.0	↑	3	15.4	47.3
22h	2.8	2.8	↘	9.5	13.6	8.6	↑	3	15.4	45.2
23h	2.8	2.8	↘	9.2	13.5	9.2	↑	3	15.4	43.0

27Fev, 2ª feira		28Fev, 3ª feira		1Mar, 4ª feira		2Mar, 5ª feira				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	1.8	1.8	→	8.0	17.9	4.7	←	2	13.8	15.2
01h	1.9	1.9	→	8.7	19.1	6.5	←	2	13.7	18.9
02h	2.1	2.0	→	8.8	19.1	12.9	←	4	13.7	22.5
03h	2.2	2.2	→	8.6	18.8	15.0	←	4	13.7	26.1
04h	2.4	2.4	→	8.6	18.6	14.8	←	4	13.7	30.9
05h	2.6	2.6	→	9.2	18.4	12.5	←	4	13.7	37.9
06h	2.8	2.8	→	9.9	18.2	11.4	←	4	13.7	46.6
07h	2.9	2.9	→	10.7	18.0	8.4	←	3	13.7	56.4
08h	3.1	3.1	→	11.4	17.8	8.2	↙	3	13.6	66.5
09h	3.2	3.2	→	11.7	17.7	8.3	←	3	13.6	74.5
10h	3.3	3.3	→	11.9	17.6	6.9	←	2	13.6	81.0
11h	3.4	3.4	→	12.1	17.4	5.9	←	2	13.6	86.6
12h	3.5	3.5	→	12.2	17.2	6.0	↓	2	13.7	90.4
13h	3.5	3.5	→	11.9	17.1	11.1	↓	4	13.7	89.9
14h	3.5	3.5	→	11.3	16.9	13.8	↓	4	13.7	85.8
15h	3.5	3.4	→	10.7	16.8	15.9	↓	4	13.7	81.7
16h	3.6	3.4	→	10.0	16.7	18.0	↓	5	13.7	76.6
17h	3.5	3.4	→	9.5	16.5	16.9	↓	4	13.7	72.3
18h	3.5	3.4	→	9.3	16.5	16.0	↓	4	13.7	69.2
19h	3.4	3.3	→	9.3	16.3	15.0	↓	4	13.6	66.8
20h	3.4	3.3	→	9.4	16.2	12.7	↓	4	13.6	64.9
21h	3.3	3.2	→	9.4	16.2	13.1	↓	4	13.6	62.8
22h	3.3	3.2	→	9.2	16.1	15.5	↓	4	13.6	59.4
23h	3.2	3.2	→	8.7	16.0	14.2	↓	4	13.6	55.5

27Jun, 3ª		28Jun, 4ª		29Jun, 5ª		30Jun, 6ª				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	2.2	2.0	↘	5.5	9.0	13.7	↓	4	17.9	16.0
01h	2.2	2.0	↘	5.5	8.8	13.4	↓	4	17.8	15.7
02h	2.1	2.0	↘	5.5	8.7	13.1	↓	4	17.8	15.3
03h	2.1	2.0	↘	5.5	8.6	12.9	↓	4	17.7	15.0
04h	2.1	2.0	↘	5.4	8.5	12.0	↓	4	17.6	14.6
05h	2.1	2.0	↘	5.5	8.4	11.8	↓	4	17.6	14.2
06h	2.0	2.0	↘	5.5	8.3	11.5	↓	4	17.6	13.9
07h	2.0	2.0	↘	5.5	8.3	10.7	↓	3	17.5	13.6
08h	2.0	1.9	↘	5.5	8.3	9.8	↓	3	17.5	13.2
09h	1.9	1.9	↘	5.5	8.3	9.8	↓	3	17.5	12.7
10h	1.9	1.8	↘	5.5	8.3	11.3	↓	4	17.6	12.0
11h	1.9	1.7	↘	5.4	8.3	12.4	↓	4	17.6	11.3
12h	1.8	1.6	↘	5.2	8.2	14.7	↓	4	17.6	10.8
13h	1.9	1.5	↘	5.1	8.1	15.7	↓	4	17.7	10.7
14h	1.9	1.3	↘	5.0	8.0	16.7	↓	4	17.7	11.0
15h	2.0	1.2	↘	5.0	7.8	18.1	↓	5	17.7	11.6
16h	2.0	1.4	↘	5.0	7.6	17.3	↓	5	17.7	12.0
17h	2.0	1.5	↘	5.0	7.6	16.3	↓	4	17.6	12.1
18h	2.0	1.5	↘	5.1	7.6	16.0	↓	4	17.6	12.4
19h	2.0	1.6	↘	5.1	7.6	16.1	↓	4	17.5	12.9
20h	2.1	1.6	↘	5.1	7.6	16.3	↓	4	17.5	13.6
21h	2.2	1.5	↘	5.1	7.6	17.4	↓	5	17.4	14.5
22h	2.2	1.7	↘	5.2	7.6	17.0	↓	4	17.3	15.0
23h	2.2	1.5	↘	5.2	7.7	17.7	↓	5	17.2	15.6

Prints de tabelas com os dados meteorológicos referentes aos principais temporais (ou depressões atmosféricas) que afetaram a Praia da Tocha no inverno, em particular entre a passagem de ano e durante todo o mês de janeiro de 2023:

31Dez, sábado	1Jan, domingo			2Jan, 2ª feira		3Jan, 3ª feira				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	3.0	2.8	→	6.4	11.6	21.7	↑	5	15.7	35.2
01h	3.1	2.8	→	6.4	11.7	22.1	↑	6	15.6	37.4
02h	3.1	2.9	→	6.4	11.7	20.9	↑	5	15.6	37.2
03h	3.1	2.8	→	6.4	11.7	21.8	↑	5	15.6	36.6
04h	3.0	2.8	→	6.3	11.6	22.4	↑	6	15.6	35.7
05h	3.0	2.8	→	6.2	11.6	22.8	↑	6	15.6	34.4
06h	3.0	2.8	→	6.3	11.6	21.5	↑	5	15.6	34.0
07h	3.0	2.7	→	6.3	11.7	21.5	↑	5	15.6	33.6
08h	2.9	2.7	→	6.4	11.7	20.7	↑	5	15.6	33.1
09h	2.9	2.7	→	6.4	11.7	20.7	↑	5	15.6	33.3
10h	2.9	2.7	→	6.5	11.8	20.4	↑	5	15.6	33.6
11h	2.9	2.8	→	6.6	11.8	19.4	↘	5	15.6	34.0
12h	2.9	2.7	→	6.8	11.8	22.5	↑	6	15.6	35.3
13h	3.0	2.8	→	6.8	11.9	20.8	↘	5	15.9	36.7
14h	3.1	2.7	→	6.5	11.9	26.0	↑	6	15.9	38.0
15h	3.2	2.9	→	6.4	11.8	22.6	↑	6	15.9	39.7
16h	3.3	2.9	→	6.6	11.7	22.8	↑	6	15.9	42.4
17h	3.3	3.0	→	6.8	11.8	20.7	↑	5	15.9	44.7
18h	3.3	3.0	→	7.0	11.7	19.3	↑	5	15.9	46.5
19h	3.3	3.0	→	7.1	11.7	19.1	↑	5	15.9	48.0
20h	3.4	3.1	→	7.1	11.7	17.9	↑	5	15.9	48.5
21h	3.3	3.2	→	7.2	11.6	16.6	↑	4	15.9	48.3
22h	3.3	3.2	→	7.1	11.6	17.5	↑	5	15.9	47.3
23h	3.3	3.1	→	7.0	11.6	20.1	↑	5	15.9	45.7

31Dez, sábado	1Jan, domingo			2Jan, 2ª feira		3Jan, 3ª feira				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	3.2	3.1	→	6.9	11.6	19.9	↑	5	15.9	44.1
01h	3.2	3.0	→	6.7	11.6	20.3	↑	5	16.0	42.7
02h	3.2	3.0	→	6.7	11.6	19.7	↑	5	16.0	41.8
03h	3.2	3.0	→	6.7	11.6	21.0	↑	5	16.0	41.4
04h	3.2	3.0	→	6.7	11.7	21.4	↑	5	16.0	41.5
05h	3.2	3.0	→	6.6	11.8	22.1	↑	6	16.0	42.4
06h	3.3	3.0	→	6.7	11.9	22.8	↑	6	16.0	44.4
07h	3.4	3.1	→	6.7	12.1	24.4	↑	6	16.0	46.9
08h	3.4	3.2	→	6.9	12.2	21.8	↑	5	16.0	49.5
09h	3.5	3.1	→	7.0	12.3	25.3	↑	6	16.0	52.0
10h	3.6	3.3	→	6.9	12.5	23.5	↑	6	16.0	53.8
11h	3.7	3.2	→	7.0	12.6	26.2	↑	6	16.0	57.1
12h	3.8	3.3	→	7.1	12.7	23.0	↑	6	16.0	60.6
13h	3.9	3.2	→	7.2	12.7	23.7	↑	6	16.0	64.6
14h	3.8	3.3	→	7.3	12.8	22.1	↑	6	16.0	65.7
15h	3.9	3.1	→	7.3	12.9	24.7	↘	6	16.0	66.2
16h	3.8	3.5	→	7.3	12.9	18.1	→	5	16.0	64.2
17h	3.7	3.5	→	7.4	13.0	16.8	↘	4	16.0	61.8
18h	3.6	3.5	→	7.4	13.0	14.7	↘	4	15.9	59.4
19h	3.6	3.4	→	7.4	13.0	14.8	↘	4	15.9	57.3
20h	3.5	3.4	→	7.5	13.0	12.3	↘	4	15.9	55.3
21h	3.4	3.3	→	7.5	13.0	12.9	↘	4	15.9	53.3
22h	3.3	3.3	→	7.6	13.0	12.4	↘	4	15.9	51.3
23h	3.3	3.2	→	7.5	12.9	11.2	↘	4	15.9	49.1

	7Jan, sábado	8Jan, domingo	9Jan, 2ª feira	10Jan, 3ª feira						
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	1.9	1.7	→	4.8	11.0	18.1	↑	5	15.1	10.8
01h	2.0	1.7	→	4.9	10.9	18.6	↑	5	15.1	11.4
02h	2.0	1.7	→	4.9	10.6	18.3	↑	5	15.1	11.9
03h	2.1	1.7	→	4.8	10.3	21.3	↑	5	15.1	12.5
04h	2.2	1.7	→	4.8	9.9	21.4	↑	5	15.1	13.6
05h	2.3	1.7	→	4.9	9.3	21.9	↑	5	15.1	15.1
06h	2.4	1.7	→	5.0	8.8	23.2	↑	6	15.1	17.2
07h	2.5	1.8	→	5.1	8.9	23.4	↑	6	15.1	19.3
08h	2.6	2.0	→	5.2	9.1	23.3	↑	6	15.2	22.1
09h	2.8	2.0	→	5.6	9.5	21.6	↗	5	15.2	26.4
10h	2.9	2.3	→	5.9	9.8	19.7	↗	5	15.2	30.0
11h	3.0	2.4	→	6.1	9.9	20.0	↗	5	15.2	32.9
12h	3.1	2.4	→	6.2	10.0	20.7	↗	5	15.2	36.2
13h	3.1	2.7	→	6.3	10.1	17.6	→	5	15.2	38.0
14h	3.1	2.8	→	6.4	10.3	17.0	→	5	15.2	38.7
15h	3.1	3.0	→	6.5	10.5	12.9	→	4	15.2	38.7
16h	3.1	3.0	→	6.7	10.7	11.1	→	4	15.2	39.0
17h	3.1	3.1	→	6.9	11.0	8.0	→	3	15.2	40.0
18h	3.1	3.1	→	7.2	11.5	7.5	→	3	15.2	41.8
19h	3.1	3.1	→	7.4	12.1	11.9	→	4	15.2	44.4
20h	3.3	3.2	→	7.5	12.9	13.9	→	4	15.2	48.3
21h	3.4	3.3	↘	7.7	13.5	13.3	→	4	15.2	54.6
22h	3.6	3.5	↘	8.0	14.0	12.4	↗	4	15.2	63.0
23h	3.8	3.7	↘	8.3	14.4	13.8	→	4	15.2	72.7

Coimbra, Praia da Tocha

Sáb., 7	Dom., 8	Seg., 9	Terça, 10	Quarta, 11	Quinta, 12	Sexta, 13	Sáb., 14	Dom., 15	Seg., 16
11° 17°	13° 17°	12° 18°	12° 18°	9° 17°	6° 15°	8° 16°	10° 16°	8° 16°	8° 15°
SW 100%	W 100%	SW 35%	SW 88%	N 100%	NE 10%	SW 44%	SW 55%	SW 48%	NE 57%
Amarelo	Laranja UV 1	Amarelo UV 2							

Dom., 8																							
0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Probabilidade de ocorrência de precipitação, igual ou superior a 0.3 mm, nas últimas 3 horas																							
57%	67%	91%	98%	99%	95%	97%	69%																
Temperatura / Temperatura sentida																							
15°	14°	15°	15°	14°	15°	15°	15°	16°	16°	17°	16°	16°	17°	17°	16°	16°	16°	16°	15°	15°	14°	13°	14°
14°	13°	14°	13°	13°	13°	13°	13°	13°	14°	14°	14°	14°	15°	15°	15°	15°	15°	14°	14°	14°	14°	13°	13°
Vento (Intensidade: quilómetros por hora. Direcção: classes de rumo, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)																							
12	11	11	13	15	18	22	21	23	23	25	25	27	24	21	19	17	15	15	9	8	5	7	5
SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	SW	SW	W
Estado do mar (Mar Total: metros, direcção da onda e temp. da água)																							
4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4
NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°	15°

	17Jan, 3ª feira	18Jan, 4ª feira	19Jan, 5ª feira	20Jan, 6ª feira						
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	5.7	3.1	↙	8.0	13.5	29.0	→	7	15.0	159.6
01h	5.7	3.6	↙	8.0	13.2	27.2	→	6	15.0	155.3
02h	5.7	3.1	↙	8.0	13.2	26.9	→	6	15.0	159.8
03h	5.7	3.2	↙	8.0	13.2	24.8	→	6	15.0	158.0
04h	5.7	0.2	↙	8.0	13.2	25.1	↘	6	15.0	160.6
05h	5.8	0.2	↙	8.1	13.3	25.2	↘	6	15.0	161.9
06h	5.8	0.2	↙	8.1	13.4	25.9	↘	6	15.0	164.0
07h	5.8	0.2	↙	8.1	13.5	24.7	↘	6	15.0	164.8
08h	5.8	0.2	↙	8.2	13.5	23.9	↘	6	15.0	164.4
09h	5.8	0.2	↙	8.2	13.5	25.2	↘	6	15.0	165.1
10h	5.7	0.1	↙	8.2	13.5	23.4	↘	6	15.0	163.8
11h	5.8	0.1	↙	8.2	13.5	24.7	↘	6	15.0	165.4
12h	5.8	0.1	↙	8.2	13.5	25.7	↘	6	15.0	169.8
13h	5.9	0.1	↙	8.3	13.4	28.1	↘	7	15.1	174.8
14h	5.9	0.1	↙	8.2	13.5	25.4	↘	6	15.1	176.6
15h	6.0	0.1	↙	8.2	13.5	26.9	↘	6	15.1	178.4
16h	6.0	0.1	↙	8.3	13.5	26.6	↘	6	15.1	180.1
17h	6.0	0.1	↙	8.3	13.6	24.6	↘	6	15.1	181.8
18h	6.0	0.1	↙	8.4	13.6	27.7	↘	6	15.1	185.7
19h	6.1	0.1	↙	8.3	13.6	26.7	↘	6	15.1	186.6
20h	6.1	0.1	↙	8.3	13.7	27.1	↘	6	15.1	191.3
21h	6.3	0.1	↙	8.4	13.7	31.2	↘	7	15.1	203.6
22h	6.4	0.1	↙	8.4	13.7	27.5	↘	6	15.1	209.9
23h	6.5	0.2	↙	8.5	13.8	29.1	↘	7	15.1	216.0

Coimbra, Praia da Tocha

Terça, 17	Quarta, 18	Quinta, 19	Sexta, 20	Sáb., 21	Dom., 22	Seg., 23	Terça, 24	Quarta, 25	Quinta, 26																																																																																																		
9° 15°	8° 11°	8° 14°	13° 15°	9° 15°	7° 13°	5° 13°	5° 13°	4° 12°	4° 13°																																																																																																		
NW	N	NW	NW	N	E	E	NE	E	E																																																																																																		
100%	100%	100%	100%	1%	0%	0%	2%	2%	4%																																																																																																		
Vermelho	Vermelho	Laranja																																																																																																									
UV 1	UV 2	UV 1																																																																																																									
Quarta, 18																																																																																																											
0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H																																																																																				
Probabilidade de ocorrência de precipitação, igual ou superior a 0.3 mm, nas últimas 3 horas										▼																																																																																																	
93%										92%														99%														98%														98%														80%														53%														34%													
Temperatura / Temperatura sentida										▼																																																																																																	
10° 9°										10° 9° 9° 8° 8° 9° 8° 9° 9° 10° 10° 10° 10° 11° 10° 10° 10° 9° 9° 9° 9° 9° 9°																																																																																																	
6° 6°										7° 5° 5° 5° 5° 5° 5° 5° 6° 7° 8° 7° 7° 8° 8° 8° 8° 8° 7° 7° 7° 7° 7° 7°																																																																																																	
Vento (Intensidade: quilómetros por hora. Direcção: classes de rumo, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)										▼																																																																																																	
30 29 28 27 26 27 21 23 15 22 19 14 17 23 19 20 21 19 13 15 13 14 12 11																																																																																																											
NW NW NW NW NW NW N																																																																																																											
Estado do mar (Mar Total: metros, direcção da onda e temp. da água)										▼																																																																																																	
6.5 6.6 6.7 6.7 6.8 6.7 6.6 6.5 6.5 6.4 6.2 6.1 5.9 5.8 5.7 5.6 5.5 5.4 5.3 5.2 5.1 5.0 5.0 4.9																																																																																																											
NW																																																																																																											
15° 15°										15° 15°																																																																																																	

Prints de tabelas do IPMA com informações meteomarinhas que servem de exemplo da intensidade do vento Nortada em 2 dias/meses diferentes na Primavera (em maior destaque, a escala Beaufort):

12Mai, 6ª feira		13Mai, sábado		14Mai, domingo		15Mai, 2ª feira				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	3.2	1.9	↓	5.9	9.0	24.8	↓	6	14.0	36.2
01h	3.4	1.5	↓	6.0	9.0	26.7	↓	6	15.0	41.3
02h	3.3	1.8	↓	5.9	9.0	25.3	↓	6	14.9	40.1
03h	3.2	2.0	↓	5.9	9.1	24.0	↓	6	14.8	37.5
04h	3.1	1.8	↓	5.9	9.1	24.8	↓	6	14.7	35.1
05h	3.1	1.9	↓	5.8	9.0	24.8	↓	6	14.6	33.4
06h	3.0	2.0	↓	5.8	9.0	23.9	↓	6	14.6	31.9
07h	3.0	1.9	↓	5.8	9.0	23.6	↓	6	14.5	31.1
08h	2.9	1.9	↓	5.8	9.0	23.9	↓	6	14.5	30.6
09h	2.9	1.8	↓	5.8	8.9	24.6	↓	6	14.5	30.2
10h	2.9	1.7	↓	5.8	8.9	24.2	↓	6	14.5	29.6
11h	2.9	1.4	↓	5.7	8.8	25.1	↓	6	14.5	28.9
12h	2.9	1.1	↓	5.7	8.7	26.0	↓	6	14.5	28.9
13h	2.9	1.0	↓	5.6	8.7	25.9	↓	6	14.5	28.3
14h	2.9	1.0	↓	5.5	8.6	25.5	↓	6	14.5	27.7
15h	2.8	1.0	↓	5.6	8.5	24.5	↓	6	14.5	27.3
16h	2.8	1.0	↓	5.6	8.5	24.5	↓	6	14.5	26.6
17h	2.9	1.0	↓	5.5	8.5	26.1	↓	6	14.4	27.7
18h	3.0	0.8	↓	5.5	8.5	26.1	↓	6	14.4	29.5
19h	3.0	1.1	↓	5.6	8.5	24.7	↓	6	14.4	30.0
20h	2.9	1.4	↘	5.7	8.6	23.6	↓	6	14.3	29.3
21h	2.9	1.5	↘	5.7	8.6	23.9	↓	6	14.3	29.2
22h	2.9	1.6	↘	5.7	8.7	22.8	↓	6	14.3	30.0
23h	3.0	1.9	↘	5.8	8.8	22.3	↓	6	14.3	30.8

12Jun, 2ª feira		13Jun, 3ª feira		14Jun, 4ª feira		15Jun, 5ª feira				
Hora	Mar total (m)	Ondulação (m)	Direção onda	Período onda	Período pico	Vento (nós)	Direção vento	Escala Beaufort	Temp. Água (°C)	Potência (kW/m)
00h	1.1	1.0	→	4.0	7.6	12.9	↘	4	18.9	3.1
01h	1.2	1.0	→	4.0	7.5	12.9	↘	4	18.9	3.3
02h	1.2	1.0	→	4.0	7.3	13.5	↘	4	18.9	3.4
03h	1.2	1.0	→	4.0	7.2	12.8	↘	4	18.8	3.5
04h	1.2	1.0	→	4.0	7.1	13.3	↘	4	18.8	3.6
05h	1.2	1.0	→	4.0	7.0	13.7	↘	4	18.8	3.7
06h	1.2	1.0	→	4.0	6.8	13.4	↘	4	18.7	3.8
07h	1.3	1.0	→	4.0	6.7	13.9	↘	4	18.7	3.8
08h	1.3	1.0	→	4.0	6.7	13.8	↘	4	18.7	3.8
09h	1.3	1.0	→	4.0	6.7	14.1	↘	4	18.8	3.8
10h	1.3	1.0	↘	4.0	6.8	14.5	↘	4	18.8	3.8
11h	1.2	0.9	↘	4.0	6.9	14.4	↘	4	18.9	3.7
12h	1.2	0.9	↘	4.0	7.0	14.6	↘	4	18.9	3.7
13h	1.2	0.9	↘	4.0	7.2	14.5	↘	4	19.0	3.7
14h	1.2	1.0	↘	4.0	7.3	14.6	↘	4	19.0	3.7
15h	1.2	1.0	↘	4.0	7.4	14.5	↘	4	19.1	3.8
16h	1.3	1.0	↘	4.0	7.3	15.0	↘	4	19.1	3.8
17h	1.3	1.0	↘	3.9	7.3	15.2	↘	4	19.0	3.9
18h	1.3	1.0	↘	3.9	7.3	15.1	↘	4	19.0	4.0
19h	1.3	1.0	↘	3.9	7.2	15.2	↓	4	19.0	4.1
20h	1.3	1.0	↘	4.0	7.2	14.6	↓	4	18.9	4.1
21h	1.3	1.0	↘	4.0	7.2	14.3	↓	4	18.9	4.1
22h	1.3	1.0	↘	4.0	7.1	13.4	↓	4	18.9	4.1
23h	1.3	1.0	↘	4.0	7.2	13.7	↓	4	18.9	4.0