

Daniel Gomes de Sousa

**Avaliação dos efeitos dos temporais de 2013/2014 nas
infraestruturas e equipamentos do litoral de Vila Nova de
Gaia.**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e
Ordenamento Território orientada pelo Professor Doutor António Alberto Gomes

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Setembro de 2015

Avaliação dos efeitos dos temporais de 2013/2014 nas infraestruturas e equipamentos do litoral de Vila Nova de Gaia.

Daniel Gomes de Sousa

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas Informação Geográfica e Ordenamento do Território orientada pelo Professor Doutor António Alberto Gomes

Membros do Júri

Professor Doutora Laura Maria Pinheiro de Machado Soares
Faculdade de Letras- Universidade do Porto

Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira
Faculdade de Letras- Universidade do Porto

Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes
Faculdade de Letras- Universidade do Porto

Classificação obtida: valores

Aos meus pais pelo apoio e dedicação.

Sumário

Índice de Figuras	10
Índice de tabelas	12
Lista de abreviaturas e siglas	13
Introdução.....	14
Capítulo 1 - Problemática da Erosão Costeira em Vila Nova De Gaia.....	17
1.1. Erosão Costeira.....	17
1.2. Causas da Erosão Costeira no litoral de Portugal.....	18
1.3. Estrutura Litoral.....	23
1.4. Morfologia da Praia	26
1.5. Linha de Costa.....	31
1.6. <i>Storm Surge</i>	32
1.7. Caracterização da faixa costeira de Vila Nova de Gaia.....	34
Capítulo 2 – Variação da linha de costa de Vila Nova de Gaia	38
2.1. <i>Digital Shoreline Analysis System (DSAS)</i>	38
2.2. Metodologia alternativa empregue para calcular a Variação da Linha de Costa ...	39
Capítulo 3 – Caraterização Atmosférica e Oceanográfica.....	44
3.1. Reflexão sobre a intempérie de Janeiro de 2014	44
3.2. Dados Atmosféricos	47
3.3. Situação Sinóptica.....	49
3.4. Dados Oceanográficos.....	53
Capítulo 4 – Estragos do Temporais na linha de costa – Metodologia e Resultados.....	55
4.1. Metodologia e acontecimentos noticiosos sobre os estragos.....	55
4.2. Interpretação das fotografias e mapas das linhas de Invasão sobre a linha de costa	58
4.3. Medidas, Tipologia dos estragos e Propostas futuras	76
Considerações finais	80
Referências bibliográficas	82

Agradecimentos

Na elaboração desta dissertação de mestrado foi essencial a contribuição de algumas pessoas com apoio e incentivo sem os quais não se teria tornado uma realidade.

Ao Professor Doutor António Alberto Gomes, pela sua orientação, disponibilidade, apoio e o contributo no esclarecimento de dúvidas e na solução de problemas que obtive durante este percurso, que foi deveras útil.

Aos meus colegas de trabalho André Oliveira, Andreia Sousa, Diana Sousa, Mafalda Lopes e Marlene Costa pelo companheirismo, dedicação, paciência, auxílio de dúvidas, no qual foi muito importante para o meu desenvolvimento académico e pessoal.

Agradeço à Isabel Pereira, à Elizabeth Silva e à Sónia Gonçalves pela revisão linguística e a todos os meus familiares e amigos pelo incentivo recebido ao longo destes anos.

Agradeço á Engenheira Ana Pires pela disponibilidade e auxílio na compreensão da extensão DSAS do software *ArcGis*, apesar de não ter sido possível utilizar esta ferramenta.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Resumo

Em Portugal Continental, a transição do ano 2013 para 2014 caracterizou-se por uma forte instabilidade atmosférica, com a deslocação de acentuados centros de baixas pressões oriundos do Atlântico Norte (a Tempestade Hércules), o que implicou um incremento considerável na agitação marítima comparativamente a invernos anteriores.

Neste contexto, foi natural a sobrelevação do nível do mar (storm surge) decorrente das condições meteorológicas, principalmente, das variações repentinas na pressão atmosférica e à ação de ventos fortes e contínuos. Assim, a boia ondógrafo de Leixões registou ondas com 14 metros de altura máxima e períodos de ondulação que ultrapassam os 25 segundos. Fatores estes que favoreceram uma invasão significativa do mar na faixa costeira (Run Up), particularmente, em trechos de costa baixa e arenosa. Este evento extremo implicou perdas económicas e naturais severas no litoral de Vila Nova de Gaia, quer ao nível das infraestruturas, quer nas próprias praias do município.

Consequentemente, estas ocorrências contribuem para um incremento da erosão costeira de Vila Nova de Gaia. Desta forma, efetuou-se uma seleção de datas que possuíssem os dados necessários para obter uma comparação e análise dos resultados

Como tal, os objetivos deste trabalho debruçam-se na compreensão da evolução da linha de costa ao longo dos últimos quinze anos, mais concretamente, 2003, 2006, 2009 e 2012; tendo como pressuposto, a observação das várias modificações e o seu contributo para o entendimento da problemática da erosão costeira. A realização deste método consistiu em observar fotografias aéreas, no *Google Earth*, vetorizando em linhas a diferenciação da tonalidade do areal. No entanto não foi exequível retirar estas observações e a representação cartográfica quer no ano anterior quer no ano posterior à tempestade deslocação da tempestade Hércules.

Nesse sentido, recolheram-se dados específicos, nomeadamente, fotografias, relatos e idas ao campo, por um lado, com o intuito de espacializar e quantificar os efeitos do temporal 2013/14 no litoral de Vila Nova de Gaia, e por outro, identificar as áreas mais suscetíveis a estes episódios extremos.

Palavras-chave: erosão costeira, galgamentos costeiros, storm surge, Vila Nova de Gaia.

Abstract

In Portugal, the transition from the year 2013 to 2014 was characterized by a strong atmospheric instability, with the shifting of accentuated centres of low pressure coming from the North Atlantic, the Hercules Storm, which led to a considerable increase of sea disturbance compared to winters before.

In this context, it was natural the rising of sea levels (storm surge) due to the weather conditions. Mainly from sudden variations in atmospheric pressure and the action of strong and continuous winds. Thereby, the ondographic buoy of Leixões recorded waves reaching the maximum of fourteen meters high and wave periods that exceed twenty five seconds. These factors favoured a significant invasion of the sea in the coastal strip (Run Up), particularly in low and sandy coast stretches. This extreme event resulted in severe economic and natural losses on the coast of Vila Nova de Gaia, in terms of infrastructure, either on the city's beaches.

Consequently, these events contribute to the increase of coastal erosion of Vila Nova de Gaia. Therefore, we performed a selection of dates possessing the necessary data to compare and analyse of results.

As such, the objectives of this essay attempts to clarify the understanding of the evolution of the coastline over the years, specifically in 2003, 2006, 2009 and 2012; considering the observation of the various modifications and their contribution to the problem of the coastal erosion. This method consisted in observing aerial photographs on Google Earth, vectors in tone differentiation lines the sand. However it was not feasible to remove these comments and the cartographic representation either in the previous year in both the year after the movement of the storm storm Hercules. In these terms, we collected specific data, namely, photographs, reports and visits to the field, on one hand, to spatialize and quantify the effects of temporal 2013/14 on the coast of Vila Nova de Gaia, and on the other hand, to identify areas more susceptible to these extreme events.

Keywords: coastal erosion, coastal overtopping, strom surge, Vila Nova de Gaia.

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema da deriva de sedimentos ao longo da costa marítima	22
Figura 2: Fases de Marés consoante as fases da lua	22
Figura 3: Esquema de definição de conceitos.	25
Figura 4: Esquema ilustrativo sobre a estrutura do Litoral.....	26
Figura 5: Morfologia de praia.	28
Figura 7: Esquema dos Processos hidrodinâmicos e propriedades dos sedimentos na dinâmica do perfil de praia.....	30
Figura 8: Condições da formação de Storm Surge	34
Figura 9: Enquadramento Geográfico da costa marítima de Vila Nova de Gaia.	35
Figura 10: Mapas de Representação do tipo de costa, sistemas de regeneração dunar e ribeiros.	37
Figura 11: A) Excerto do mapa representativo das linhas de costa em séries temporais, desde 2003 até 2012, a partir do contato seco/molhado; B) Linhas de costa e seus respectivos transeptos.....	39
Figura 12: Excerto da folha de Excel dos resultados da variação da linha de costa.....	41
Figura 13: A) Linha de base e dos Transeptos; B) Variação da linha de costa de 2003 para 2006; C) Variação da linha de costa de 2006 para 2009; D) Variação da linha de costa de 2009 para 2012.....	42
Figura 14: A) Temperatura e Precipitação na primeira semana de Janeiro de 2014; B) Pressão Atmosférica na primeira semana de Janeiro de 2014.	48
Figura 15: Medidor de maré gravações durante a tempestade de Hércules: um) Cascais; b) Lagos; c) e d) zoom de dados de Cascais: um segundo maré alta de 6 de Janeiro (c) e a primeira maré alta em 7 de Janeiro (d)	50
Figura 16: Cartas sinópticas entre 2 a 7 de Janeiro de 2014.....	52
Figura 17: A) Altura da Ondulação em Janeiro de 2014; B) Período da ondulação em Janeiro de 2014	54
Figura 18: A) Marégrama de Janeiro de 2014; B) Fases da Lua.....	54
Figura 19: Representação do limite do máximo do limite de estragos após a passagem de “Hercules”.....	61
Figura 20: Fotografias retiradas no terreno, dias após a intempérie, na freguesia de Canidelo... ..	62

Figura 21: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Canidelo.	63
Figura 22: Fotografias retiradas na freguesia da Madalena, dias após a passagem da tempestade.....	65
Figura 23: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Madalena.....	66
Figura 24: Fotografias da União das Freguesias de Gulpilhares e Valadares, após a tempestade “Hercules”.....	68
Figura 25: Limite máximo da linha de estragos na União de freguesias de Gulpilhares e Valadares.....	69
Figura 26: Fotografias dos estragos na freguesia de Arcozelo, após a intempérie de Janeiro de 2014.	71
Figura 27: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Arcozelo.	72
Figura 28: Fotografias dos estragos na freguesia de São Félix da Marinha, após a intempérie de Janeiro de 2014.	74
Figura 29: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de São Félix da Marinha. ..	75
Figura 30:A) Fotografias que ilustram os danos. B) Gráfico sobre a quantidade de estragos no passadiço. C) Gráfico das entidades responsáveis de apoio de financiamento.....	76
Figura 31: Tipos de estragos efetuadas após a passagem da Intempérie.....	77
Figura 32: Número de Infraestruturas afetadas consoante as freguesias de Vila Nova de Gaia.....	78
Figura 33: Propostas futuras para mitigar o desenvolvimento da erosão costeira. Ilustração de Geotubos, em Ovar.	79

Índice de tabelas

Tabela 1:Dados e respectivas fontes utilizados.....	477
---	-----

Lista de abreviaturas e siglas

ARHN -Administração Regional Hidrográfica do Norte;

APDL- Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA;

CAOP- Carta Administrativa Oficial de Portugal;

DSAS- Digital shoreline Analysis System;

HWL- High Water Line;

IH- Instituto Hidrográfico;

INAG- Instituto Nacional da Água;

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change;

IPMA- Instituto Português do Mar e da Atmosfera;

MAOTDR- Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;

MHWL- Mean High Water Line/Shoreline;

PBG- Parque Biológico de Gaia;

POOC- Plano de Ordenamento da Orla Costeira;

PROCIV - Boletim informativo da Autoridade Nacional de Proteção Civil;

SIG- Sistemas de Informação Geográfica;

UTC- Coordinated Universal Time;

Introdução

Este trabalho de investigação debruça-se sobre os temporais de 2013/2014, um evento acentuado e polifásico que provocou vários galgamentos costeiros, contribuindo para o processo de erosão costeira que ocorre em várias praias do município de Vila Nova de Gaia (Pinto, 2014).

A erosão costeira consiste num processo de regressão da faixa terrestre face ao avanço das águas do mar sobre o território (Coelho, 2005). O termo tem vindo a assistir a múltiplas reflexões e debates na literatura científica ao longo dos anos (Charlier & Meyer, 1998). Os autores referidos mencionam que impedir o processo de erosão costeira e o consequente recuo da linha de costa é extremamente difícil, visto que, em muitos casos, resulta de um processo natural. Mas, este procedimento pode-se minimizar e combater com a implementação de medidas de modo a que em algumas áreas que já se apresentam bastante afetadas se possam repor e recuperar alguns sedimentos.

Uma das maneiras de combater este recuo da linha de costa passa pela criação de infraestruturas a fim de evitar o avanço do mar como o exemplo de “*alargar e preservar o sistema dunar*”, como no caso de estudo, onde se implantaram sistemas de regeneração dunar.

Segundo Bird (2008), “*a nível global, cerca de 90% dos litorais estão num processo de erosão costeira*”. Com estes valores preocupantes é indispensável, cada vez mais, investir em estudos aprofundados, a fim de minimizar este impacto a nível económico, social e político, promovendo um desenvolvimento sustentável. Muitas das causas associadas à problemática da erosão costeira devem-se aos fatores antrópicos e às causas naturais (Bird, 1993; Martins et al., 2004).

Assim, situações sinópticas peculiares podem implicar uma agitação marítima intensa, associada à ocorrência de precipitação e intensidade dos ventos extremamente fortes. Isto contribui para o incremento da ondulação e durante eventos extremos, conduzir à destruição dos elementos localizados na faixa costeira. Isto é particularmente sensível, aquando da ocorrência dos designados “*Storm Surge*” que correspondem a eventos extremos, motivadores de oscilações de grande amplitude nas águas do mar (Antunes, 2014; Vieira et al., 2012).

Assim sendo, a erosão costeira tem-se vindo a intensificar no decorrer dos anos, em eventos como esta intempérie, incrementando o agravamento no recuo da linha de costa.

Neste contexto é importante haver um desenvolvimento sustentável, ou seja, conciliar o progresso económico e social das sociedades atuais com a preservação e manutenção do ambiente costeiro.

Existe uma enorme discussão em torno das causas que contribuem para a constante modificação da linha de costa, mas é importante ter em conta todas estas variáveis e apreciações de modo a que se identifique e se compreenda as dinâmicas. Isto para se obter uma “faixa de segurança” que salvguarde o avanço e recuo das águas do mar, compreendendo os mecanismos como o *Run Up* e consecutivos galgamentos (*Washover*) ocorridos, de modo a efetuar-se um planeamento cada vez mais ajustado a eventuais acontecimentos que provoquem danos na faixa costeira.

No que toca ao conceito de Litoral, este corresponde faixa de terreno junto à costa. Por outra perspetiva, pode-se concluir que litoral é um conceito mais amplo que costa ou zona costeira, estendendo-se para o interior por um espaço cujos limites nem sempre são fáceis de definir (Araújo, 1991), referindo-se estes, a um local mais próximo e restrito, correspondendo a uma diminuição do espaço. Outra definição proposta de costa é que ela coincide com a interface física do solo e da água (Dolan et al., 1980).

Em Portugal distinguem-se três grandes tipos de costa, sendo estes: as arribas altas, com mais de 50 m de comando; as costas com arribas médias ou apenas rochosas e os litorais arenosos (Daveau, 1995). As costas arenosas, como é maioritariamente a nossa área de estudo, são ambientes geomorfológicos muito dinâmicos, pois existe uma diferenciação em termos de escalas espaciais e temporais. As diferenças nas costas arenosas advém de inúmeros fatores, como as deslocações ao longo da extensão das margens continentais, as oscilações do nível médio das águas do mar e a dinâmica erosiva e deposicional ligada à ação da agitação, das marés, das correntes e também da ação fluvial, glacial e eólica (Silva et al., 2004 cit in J. L. Barbosa, 2007; Carla Pereira & Carlos Coelho, 2013).

O objetivo da realização deste trabalho traduz-se na compreensão da deslocação de uma intempérie na costa ocidental portuguesa, e a avaliação dos efeitos na área costeira de Vila Nova de Gaia. Deste modo tenta-se perceber o que esta tempestade e a sua agitação marítima contribuiu para o incremento da problemática da erosão costeira.

Posto isto, executou-se um estudo mais aprofundado sobre a evolução da erosão costeira do litoral de Gaia, desde os anos de 2003 até 2012. Estes anos foram analisados em função do material disponível, como as imagens de satélite e ortofotos, de modo a obter um resultado

realista. Não existem imagens disponíveis para o ano em que a tempestade Hércules (2014) assolou a costa portuguesa.

Contudo, o estudo de uma série temporal, anteriormente referido, foi essencial para uma análise do processo evolutiva da erosão costeira e consecutiva disposição das praias, apesar de haver episódios pontuais, como a tempestade em estudo, que modifica de imediato a deslocação dos sedimentos.

Outro propósito deste trabalho é espacializar e quantificar os efeitos do temporal 2013/14 no município de Vila Nova de Gaia, a fim de identificar áreas mais suscetíveis a estes eventos extremos.

Capítulo 1 - Problemática da Erosão Costeira em Vila Nova De Gaia

1.1. Erosão Costeira

Conforme alude Rodrigues & Dias (1989) a morfologia litoral caracteriza-se pela existência de formas de erosão e de formas de acumulação. Seguindo esta linha de pensamento, o processo erosivo corresponde ao recuo da linha de costa e da duna frontal, inundação, destruição de infraestruturas e defesas costeiras, roturas e galgamento do cordão dunar (Pais-Barbosa et al., 2010 cit in Taveira-Pinto et al., 2007).

Em Portugal, nas costas baixas com características arenosas em que não existem barreiras de proteção naturais como afloramentos rochosos, é comum ocorrer uma regressão da “linha de costa”, intensificando-se os processos de erosão e o seu alastramento para áreas (ainda) não atingidas. Estes processos são caracterizados pela migração das areias das praias para o interior e pelo enfraquecimento dos volumes acumulados nas praias e nas dunas (Barroco et al., 2007)

Posto isto, o processo de erosão costeira tem vindo afetar grande parte do litoral português (Dias, 1993). No Grande Porto, há registos de episódios erosivos no século XIX, nomeadamente o caso de Espinho, onde se construíram as primeiras defesas costeiras, em madeira, que não foram suficientes para impedir o desaparecimento (...) de diversas habitações, igreja e ruas, em escassos vinte anos (Valle, 1989).

Como se constata, o registo e estudo da erosão costeira já decorre há algum tempo, e após esta situação localizada sugeriram outros graves eventos de erosão costeira “no decurso do século XX (...), os problemas de erosão costeira surgiram, de forma genérica, em todo o litoral português” (Dias, 1993, p.3).

Como tal, este problema agravou-se nas últimas décadas, devido à progressiva ocupação humana na faixa costeira. Esta questão suscita muito interesse e preocupação por parte da opinião pública e da comunidade científica (Freitas, 2010). Tal como defende Dias (1993, p. 12) “Efetivamente, a erosão costeira só constitui um verdadeiro problema quando existe ocupação da faixa costeira”.

Segundo estudos mais recentes, as estimativas do grupo MAOTDR, aponta cerca de 75% da população reside, atualmente, na zona costeira. Prevendo-se um aumento populacional residente nesta área, nos próximos anos (Pereira & Coelho, 2013 cit in MAOTDR/INAG, 2006).

O aumento da população junto à faixa litoral repercute-se na intensa construção de infraestruturas, implicando que estas fiquem expostas à invasão das águas do mar e consequentes estragos. De acordo com Dias (1993, p.3) este crescimento populacional esteve “na origem da construção, no início deste século XX, das primeiras obras de proteção costeira concretizadas em Portugal”.

Os segmentos do litoral que estão mais predispostos à erosão marinha correspondem às áreas de costa baixa arenosa, visto que, na sequência de tempestades existe uma maior probabilidade de ocorrerem galgamentos oceânicos em comparações às costas rochosas.

Estes sistemas de praia-duna correspondem aos troços costeiros mais vulneráveis e fáceis à subida do nível do mar e aos galgamentos oceânicos num evento de tempestade (Pereira, 2004).

Os processos de erosão costeira ocorrem sobretudo no litoral baixo e arenoso, tendo com uma das causas principais a variação do nível do mar. Para Portugal o registo efetuado pelo maregrama de Cascais, mostra que no último século, este subiu cerca de 15 centímetros.

A subida do nível do mar de origem meteorológica, designada por *Storm Surge*, favorece a rebentação da ondulação que acontece mais para o continente, provocando galgamentos nas praias e mesmo do sistema dunar (Pereira, 2004).

Muitos autores (Dias, 1993) discutem os motivos da erosão com a tónica na subida do nível médio do mar, devido às mudanças climáticas, mas esta não é a única causa, havendo outras causas, nomeadamente antrópicas, como a retenção dos sedimentos vindos dos cursos de água devido à construção de barragens (Bush et al., 1996).

1.2. Causas da Erosão Costeira no litoral de Portugal

A literatura científica aponta para diversos indicadores que contribuem para a erosão costeira, designadamente a dimensão natural e as atividades humanas (Coelho, 2005). Salienta-se que o desenvolvimento da erosão costeira e, consequentemente, o recuo da linha de costa são desencadeados por distintos fatores, sendo estes: (Dias, 1993; Pereira, 2008): a diminuição de fluxo de sedimentos fornecidos ao litoral; a ocupação humana da faixa litoral que implica um aumento dos elementos expostos; as infraestruturas que alteram a deriva litoral e a dinâmica sedimentar costeira; a degradação dos ecossistemas costeiros; a subida do nível do mar; e entre outros agentes erosivos de natureza meteorológica e oceanográfica.

No que concerne à diminuição de transporte sedimentar, este deve-se à construção de barragens que inibem o transporte fluvial dos areais da nascente até à foz. Estes sedimentos são, posteriormente, distribuídos pelas praias a sul da foz do rio Douro, seguindo a deriva dos sedimentos que é essencialmente de Norte para Sul. Assim, tal como Dias (1993, p.20), menciona estas barragens “constituem um dos fatores inibitórios de alimentação sedimentar ao litoral com maior importância”. Contudo, estas barragens são imprescindíveis para o aproveitamento hidroelétrico e hidroagrícola que elencam. (Dias, 2005; Dias et al., 1994; Dias, 1993).

Este tipo de infraestrutura possui graves implicações nas praias de Vila Nova de Gaia, uma vez que a origem do fornecimento sedimentar nestas praias é, fundamentalmente, de origem fluvial, nomeadamente pelo rio Douro. Importa realçar que, no decorrer dos anos, registou-se um decréscimo de afluência sedimentar. Esta redução derivou da construção de inúmeras barragens que contribuíram para uma retenção da mesma.

Apenas o rio Douro, outrora, tinha capacidade de fornecer uma grande quantidade de sedimentos necessários para um equilíbrio. (Coelho et al., 2009 cit in Pereira & Coelho, 2013). Além disso, anteriormente à edificação das barragens no rio Douro, este transportava cerca de 90% (2×10^6 m³/ano) do volume total dos sedimentos, deslocados na área costeira noroeste de Portugal, atualmente, esta percentagem é apenas de 13% (Barbosa et al., 2006). De acordo com diversos autores, o enfraquecimento das fontes sedimentares é a maior causa dos problemas erosivos (CEHIDRO, 2010 cit in Carla; Pereira & Coelho, 2013).

As questões que sustentam a existência desta ocorrência podem ser variadas, pois, se por um lado, temos as causas naturais como as alterações climáticas, por outro, temos as causas antrópicas, sendo estas a má gestão territorial e a construção de barragens. Assim sendo, estes fatores impedem a deslocação habitual da sedimentação dos cursos de água que desaguam para o mar.

Outros dos problemas referidos na literatura corresponde à extração de areias e cascalhos, localizados no segmento inferior do rio Douro, englobando também o estuário. Enfatiza-se que, no início da década de 90, a extração de areias e cascalhos apresentavam valores na ordem de $1,5 \times 10^6$ m³/ano (Oliveira et al., 1982). No entanto, com o desenrolar dos anos foram extraídos sedimentos do rio para a utilização e construção de grandes infraestruturas. Face a esta problemática, o Secretário de Estado da Administração Portuária, afirmou que a partir do ano de 2001, os portos não poderiam autorizar extrações para seu autofinanciamento.

Além de que, no caso de futuras licenças para extrações, estas necessitarão de deter uma articulação com o Ministério do Ambiente. Deste modo, derivado desta restrição de extrações de areias, atualmente, evidencia-se uma diminuição substancial, porém ainda se verifica algumas explorações (Dias, 2005).

Relativamente à ocupação antrópica, esta compromete o desenvolvimento e a diversidade de estruturas naturais, como é o exemplo do pisoteio, que contribui para uma destruição da flora dunar. Este pisoteio induz, com o desenrolar dos anos, um aparecimento de corredores eólicos, os quais facilitam a ocorrência de galgamentos oceânicos. Segundo Dias et al.(1994), o número de corredores eólicos e consecutivos galgamentos oceânicos aumenta quando a ocupação humana é muito intensa.

A ocupação humana acarreta ainda com inúmeras consequências, nomeadamente: as construções e os arruamentos edificados sob o cordão dunar (Dias, 1990; Dias et al., 1994); o aumento da escorrência derivado à rega, no qual provoca um fortalecimento da erosão; e por último, as estradas improvisadas e as explorações de areias, devastando todas as formas naturais o que resulta em áreas deprimidas que são facilmente inundadas em episódios de tempestades. Posto isto, a erosão é intensificada pelos fatores supramencionados que proporcionam os recuos em certos locais da linha de costa (Rodrigues, 2010).

Segundo Pinheiro (2008) a construção de quebra-mares, como é o caso do quebra-mar de Aguda, permite uma navegabilidade mais estável nos portos ou embocaduras de estuários. Os molhes e os quebra-mares tem como finalidade de assegurar a chegada dos barcos, bem como modificar as condições da dinâmica sedimentar de forma a fixar canais de navegação e minimizar o assoreamento (Dias, 1993).

As infraestruturas de proteção, especialmente, os esporões e os enrocamentos têm como propósito a prevenção e a proteção do recuo da linha de costa. De acordo com Dias (1993, p.34) “são, fundamentalmente, obras de cariz "curativo" realizadas, em geral, com carácter de urgência, isto é, que pretendem eliminar ou mitigar localmente uma "doença": a erosão costeira que ameaça ou começa a danificar propriedades mal localizadas”. Porém, a sotamar destas estruturas contribuem para a erosão, impedindo a deslocação sedimentar pela deriva litoral.

Importa realçar que os fatores de disposição natural cooperam também para esta modificação e delineamento da linha de costa, tendo como agentes erosivos as águas pluviais, as ondas, as marés, as correntes e o vento. Quanto às águas pluviais, esta incita a escorrência e a

infiltração, levando a uma importante modificação na evolução costeira, sobretudo em arribas (Granja & Pinho, 2011).

No que concerne às ondas, estas são um elemento fundamental para a dinâmica das praias, dado que controlam a circulação dos sedimentos, alterando a sua configuração conforme se deslocam até à praia (Granja & Pinho, 2011). Aliás, a ondulação possui uma grande capacidade em dinamizar e moldar as praias e as suas respetivas dinâmicas. Note-se, que as ondas desenvolvem-se por ação do vento, no entanto, em virtude à diminuição da profundidade da água ao aproximar-se da costa, estas modificam-se fomentando o quebramento. Respeitante a medição da ondulação existem dois conceitos básicos, nomeadamente, o período e a altura. O período da ondulação corresponde ao tempo (em segundos) que transpõe-se de uma crista para a outra. A altura da ondulação define-se pelo comprimento entre o ponto mais baixo (cava) e o ponto mais alto (crista) da onda.

Ainda acerca das ondas, frisa-se que estas alteram o seu movimento conforme quatro principais acontecimentos: a refração, a difração, o empolamento e a reflexão. A refração ocorre quando uma onda atravessa, modifica a sua direção, por ação de um obstáculo. A difração sucede sempre que se depara com obstáculos, contornando os mesmos. O empolamento define-se pelo crescimento da elevação da onda, em detrimento da diminuição da profundidade do fundo oceânico, sendo que este antecede ao processo de rebentação no pico máximo da onda. Por último, a reflexão consiste na inversão da direção da onda enquanto esta incide num outro meio. Além do mais, durante a sucessão de tempestades, devido a extrema agitação marinha, a reflexão adquire um papel fulcral na transformação da morfologia das praias (Granja & Pinho, 2011).

No que respeita às correntes marinhas, estas são provocadas pela agitação das ondas, na zona de rebentação. Sublinha-se que este agente erosivo desempenha um papel indispensável para a transportação dos sedimentos de um local para outro, quer em suspensão, quer rolando sobre o fundo. Deste modo, a deriva litoral segue o clima de agitação marítima local, e as areias podem ser consecutivamente removidas ou depositadas, em conformidade com o padrão das correntes locais. A partir disto, conforme ilustra a figura 1, gera-se, primeiramente, as correntes de fluxo e, seguidamente, o refluxo, emergindo assim num formato em “Zig-Zag”. Isto é, as correntes de retorno e a corrente de deriva continental surgem da incidência oblíqua das ondas em relação à praia. Por conseguinte, esta ocorrência resulta na transportação de enormes quantidades de sedimentos.

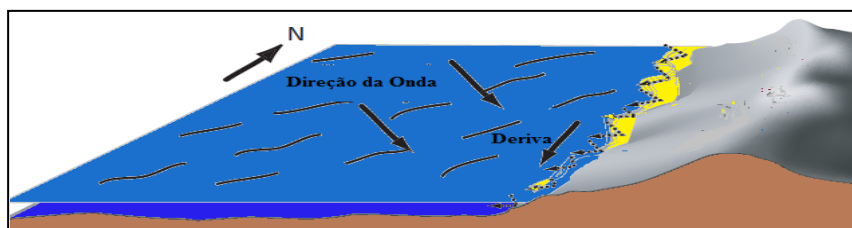


Figura 1: Esquema da deriva de sedimentos ao longo da costa marítima. Adaptado (Gomes, Botelho, & Carvalho, 2002).

Quanto às correntes das marés, Granja e Pinto (2001) mencionam que são deslocamentos horizontais da água impulsionados pela maré, sendo que a sua deslocamento vertical compreende movimentos ascendentes e descendentes.

As marés são originadas pelas forças de atração exercidas pela lua e o sol sobre o planeta Terra. Contudo, podem possuir condicionantes como, por exemplo, o contorno das bacias oceânicas. Posto isto, considera-se que tanto a lua como o sol desempenham uma grande influência nas superfícies das águas do mar, uma vez que as marés vivas emergem sempre que estes astros se encontram alinhados e as marés mortas surgem na ausência deste alinhamento, tal como se ilustra na figura 2 (Granja & Pinho, 2011). Deste modo, em consequência da circulação da lua, observa-se no decorrer de cada mês alterações das marés, num determinado espaço local.

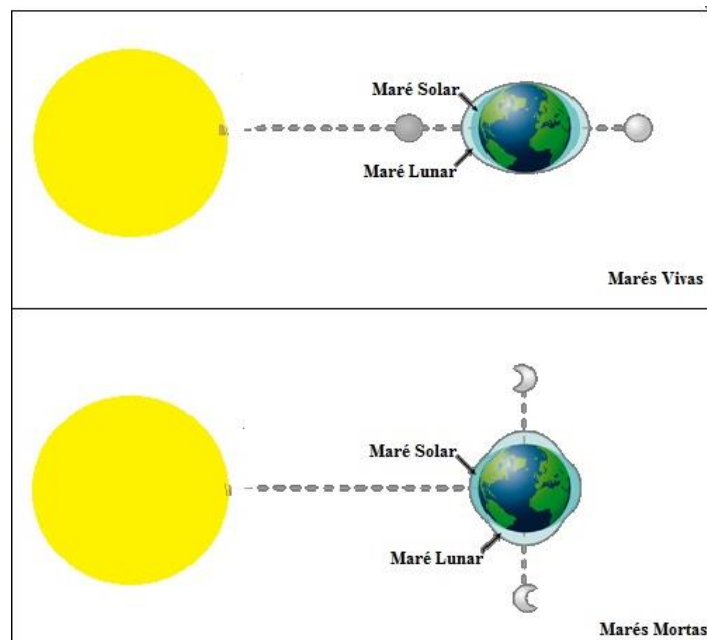


Figura 2: Fases de Marés consoante as fases da lua. Adaptado: <http://www.hidrografico.pt/glossario-cientifico-mares.php>.

Relativamente ao vento, este agente erosivo corresponde a um fator determinante na acumulação ou erosão de sedimentos nas praias, em consequência da deslocação dos sedimentos. Importa esclarecer que, se por um lado, no surgimento de erosão, isto é, perda de sedimentos, obtém-se os designados “*blowouts*”, por outro, na ocorrência de acumulação sedimentar formam-se as dunas. Em concordância com Short & Hesp (1982) as dunas costeiras formam-se à retaguarda das praias arenosas e a sua extensão relaciona-se com a magnitude dos aportes sedimentares.

Por último, uma das causas, frequentemente, citadas para a incrementação da erosão costeira corresponde à elevação do nível médio do mar. Esta interrelaciona-se com a variação climática natural, assim como, com as atividades humanas. Nota-se que, as atividades humanas conduzem ao aumento da temperatura atmosférica e do respetivo volume de água do mar, diminuindo desta forma a quantidade de neve e gelo, o que implica um aumento do volume de água oceânica (IPPC, 2008). Portanto, tal como alguns autores (Cowell & Thom, 1994; Paskoff & Clus-Auby, 2007) referem numa escala a longo prazo (séculos, milénios), a variabilidade do litoral condiciona-se na maior parte pelas oscilações relativas do nível do mar e pela descarga de sedimentos dos rios, ambos condicionados por mudanças climáticas (Del Río, Gracia, & Benavente, 2013).

Em Portugal, o recuo da linha de costa associado a esta subida eustática das águas do mar, é de aproximadamente 1,5mm ao ano, durante o último século (Dias & Taborda, 1988).

1.3. Estrutura Litoral

Ao refletir sobre a erosão costeira é essencial esclarecer alguns conceitos relativos à estrutura litoral, nomeadamente, litoral, zona costeira, orla costeira e linha de costa. Na literatura científica, evidencia-se uma inconsonância a respeito dos limites físicos dos seus sistemas naturais, socioeconómicos e legais (Silva, 2007 cit in McGlade 1997). Em diversos estudos, os autores sentem necessidade de fundamentar e definir o conceito de litoral, bem como, os seus respetivos conceitos adjacentes (McGlade, 1997).

No glossário do website Revista de Gestão Costeira Integrada (s/d), o conceito de litoral define-se por uma área de largura variável, onde os sistemas da hidrosfera, litosfera e atmosfera estão em constante interação. Além disso, este termo é também utilizado como sinónimo para

margem, incluindo a margem terrestre e prolongando-se até os territórios onde os processos marinhos ainda detêm influência.

Segundo a percepção de Araújo (1991), o mesmo termo refere-se a uma faixa aplanada e localizada em diversas altitudes, junto da linha de costa. É delimitada, para o interior, por um rebordo, rigorosamente alinhado e contrastante com a área aplanada supramencionada. Frisa-se que o litoral sustenta inúmeros afloramentos de depósitos, geralmente, classificados como plio-pleistocénicos (Araújo, 2014), sendo esta delimitada interiormente por um relevo, notoriamente, alinhado.

Em termos de documentos nacionais referentes ao âmbito da questão do litoral, evidencia-se no Decreto-Lei nº302/90 de 26 de Setembro, definindo esta área com princípios a que deve-se obedecer na ocupação, no uso e na transformação da faixa costeira, em detrimento do aumento de procura e ocupação do litoral. Mais concretamente, no artigo 1º, do mesmo Decreto-Lei, a definição do litoral “entende-se por faixa costeira a banda ao longo da costa, cuja largura é limitada pela linha de máxima praia-mar de águas vivas equinociais e pela linha situada a 2 Km daquela para o interior”. Mais tarde, no Decreto-Lei nº309/93 de 2 de Setembro institui os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) que tencionam proteger a “integridade biofísica do espaço, a valorização dos recursos existentes na orla costeira e a conservação dos valores ambientais e paisagísticos”. Todavia, para Pereira (2008), a banda de proteção litoral compreende entre 500 metros a partir da linha que limita a margem das águas do mar e a batimétrica de -30.

Em termos de documentos científicos, existe um documento elaborado por um grupo multidisciplinar, intitulado por “bases para a estratégia de gestão integrada da zona costeira nacional (MAOTDR, 2007). Tal como a figura 3 evidencia, este desenvolveu alguns conceitos de realidade física, sendo que estas noções variam em termos espaciais e alteram-se conforme as características locais.

Estrutura do litoral

Litoral – termo geral que descreve porções do território que são influenciadas directa e indirectamente pela proximidade do mar;

Zona costeira – porção de território influenciada directa e indirectamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter para o lado de terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental;

Orla costeira – porção do território onde o mar exerce directamente a sua acção, coadjuvado pela acção eólica, e que tipicamente se estende para o lado de terra por centenas de metros e se estende, do lado do mar, até à batimétrica dos 30 m (englobando a profundidade de fecho);

Linha de costa – fronteira entre a terra e o mar; materializada pela intercepção do nível médio do mar com a zona terrestre.

Figura 3: Esquema de definição de conceitos (MAOTDR, 2007, pp. 84, 85).

Este grupo de trabalho, nomeado pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, tinha como finalidade desenvolver uma estratégia de apoio de uma política de ordenamento, planeamento e gestão da Zona Costeira Portuguesa, em termos ambientais, económicos e sociais (Gomes et al., 2007). Assim sendo, é essencial preservar os ecossistemas à escala local e nacional, auxiliando as especificidades biofísicas. Pois, existem no litoral ocupações, usos e atividades económicas que podem ser prejudiciais para o desenvolvimento dos sistemas marinhos (Velooso Gomes, 2007). Enfatiza-se que a metodologia utilizada pelo grupo de trabalho supramencionado, passou pelas seguintes etapas: pesquisa e análise dos documentos relevantes sobre iniciativas nacionais em zonas costeiras; realização de reuniões com todas as instituições relevantes; e, participação num seminário promovido pelo Conselho Nacional do meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (Velooso Gomes, 2008).

Perante esta complexa terminologia, a figura 4 expõe de modo mais perceptível a estrutura do litoral. Deste modo, podemos concluir-se que o litoral corresponde a uma faixa bastante alargada do território, alongando a influência marinha até áreas de centenas de quilómetros. A zona costeira, composta por alguns quilómetros, corresponde a uma área onde ocorrem vários eventos oceanográficos. A orla costeira abrange um território compreendido por alguns metros de distância, onde se sucede uma deslocação de sedimentos. Por último, a linha de costa corresponde ao interface entre a terra e o mar.

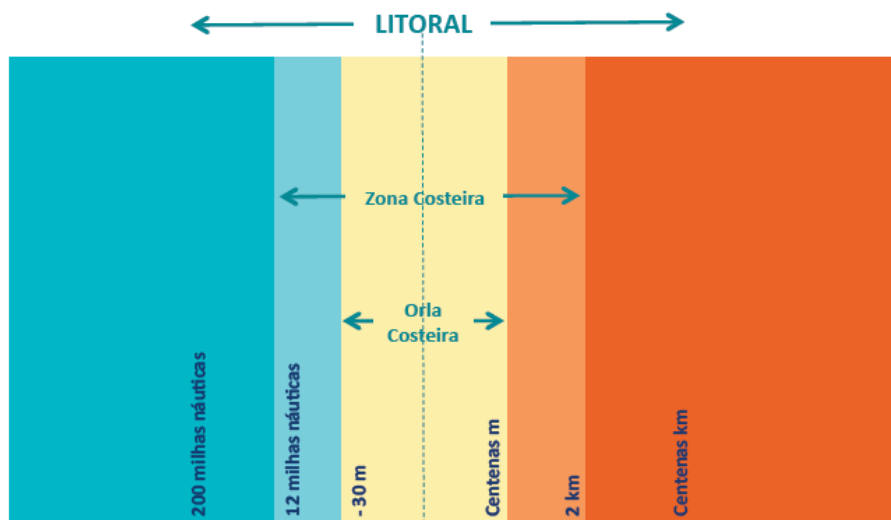


Figura 4: Esquema ilustrativo sobre a estrutura do Litoral. Fonte:(MAOTDR, 2007).

1.4. Morfologia da Praia

No que concerne à morfologia de praia, em termos limítrofes, existem diversas noções científicas para definir uma praia. Porém, existe uma conformidade referente à sua composição. Dito de outra forma, a praia constitui-se num espaço litoral composta por materiais detríticos, arenosos, areno-siltosos e/ou grosseiros (calhaus e blocos), bem como uma forma retilínea ou arqueada, de comprimento, largura, orientação e declive variáveis (Moreira, 1984). Note-se que, este ambiente marítimo engloba um grande dinamismo na morfologia da praia (Vieira, 2014).

Existem vários tipos de praias que detêm as características elencadas, designadamente, tómbolos que referem a ilhas interligadas por um estreito de areia; restingas que se aludem a uma área arenosa perto da foz de um curso de água; cabedelos que correspondem a um amontoado de areia perto da foz de um rio, como por exemplo, em Vila Nova de Gaia; ilhas barreira que consistem numa porção arenosa, estreita e comprida; praias em ponta; praias em bolso; e por último, praias abertas (Granja & Pinho, 2011).

Numa circunstância de tempestade, a ondulação movimentava os sedimentos depositados na berma ou mesmo nas dunas adjacentes à praia para uma área submersa fora de praia, designado por “*offshore*” ou sublitoral. Por sua vez, num contexto posterior às tempestades em que as ondas apresentam valores mais baixos e de pouca energia, retorna à transportação os sedimentos do “*offshore*” para a berma da praia (Pinheiro, 2008). Este retorno origina a transferência de

sedimentos para a berma, visto que existe uma deslocação obliquamente em relação à linha de costa. Gerando assim, um transporte litoral de sedimentos ao longo da costa. Destaca-se que, esta ocorrência não coincide com o seu processo inicial.

Consoante alguns autores, nomeadamente, (Granja & Pinho, 2011) e (Loureiro, 2006) a estrutura da praia pode ser esquematizada em vários setores, tal como ilustrado na figura 5, designadamente, a Pré-Praia (área antes de aproximar à praia) também denominada por, Sublitoral. Esta constitui-se em bancos arenosos que, maioritariamente, se encontram emersos por consequência, do quebramento das ondas e da ressaca das mesmas.

A área da praia compreendida entre as marés, designada por faixa Entremarés ou Intermareal. Esta superfície inclui o espraiamento da onda e da berma e situa-se na parte inclinada da praia, designadamente, na parte percorrida pelo jato da rebentação, que está compreendida entre os limites da maré alta e da maré baixa. Ou seja, as modificações são causadas em parte pela troca bidirecional de sedimentos entre estes dois limites, através da zona de rebentação da onda. Assim sendo, esta área de rebentação varia consoante a ondulação das águas profundas de um determinado local e pelo grau de modificação que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra (Calliari et al., 2003).

Estas variações temporais da situação da praia devem-se, essencialmente, ao regime da ondulação das águas profundas. Desta forma, as modificações são controladas pela geologia e configuração da costa, quer na variabilidade temporal como na espacial, dado que, ambas dependem do tipo e da disponibilidade do material que compõe a praia (Wright & Short, 1984).

A Antepraia ou Supramareal correspondente à área permanentemente emersa, acima do limite atingido pela água, mais concretamente, as águas de marés vivas que não são atingidas pela água do mar durante os temporais.

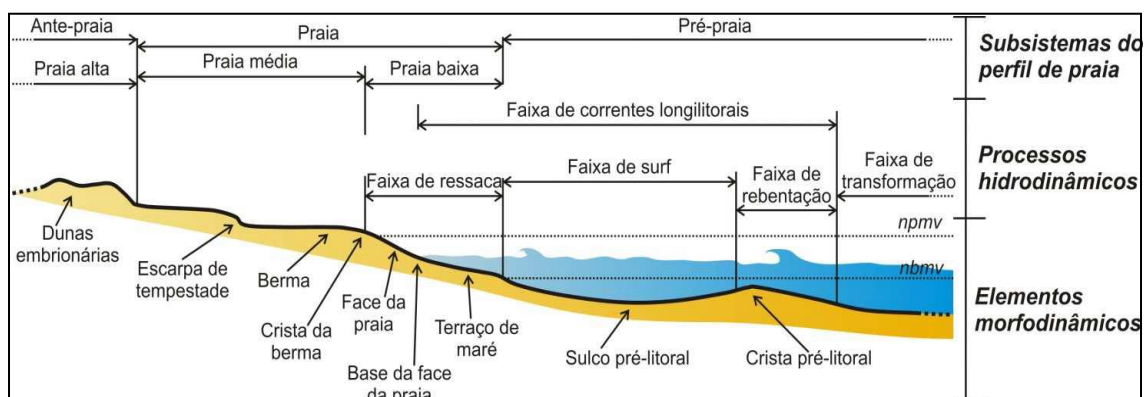


Figura 5: Morfologia de praia. Fonte: (Granja & Sancho; Trindade, 2010).

De acordo com Wright & Short (1984) a hidrodinâmica que existe na praia é a consequência de vários aspetos, nomeadamente, a interação de ondas incidentes, refletidas ou parcialmente refletidas da face da praia; os modos ressonantes de oscilações (ondas de borda, estacionárias ou progressivas); os fluxos duradouros e aperiódicos, que advêm da rebentação; e, por fim, das correntes produzidos pelas ondas e marés (Wright & Short, 1984).

Ao suceder-se à aproximação da ondulação à costa, o fundo oceânico vai diminuindo, originando uma quebra das ondas na zona de rebentação (*surf zone*). Note-se que, esta rebentação desenvolve uma vasta capacidade erosiva, devido ao enorme transporte de areias, de um desgaste das rochas e da destruição das estruturas edificadas, próximas da linha de costa.

Depois da rebentação ocorre o *swash*, visto que as ondas de menor altura prosseguem em circulação e rebentam, novamente, na linha de costa. Ou seja, dirigem-se para a área inclinada da praia e formam uma enorme agitação de água, sendo que esta transporta areais de acordo a direção e progressão da onda. Consequentemente, a água circula em direção ao mar, descendo até ao declive, o que provoca o refluxo e a ressaca da onda, designado por, *backwash*, como elucidado na figura 6.

As correntes de retorno correspondem aos fluxos de água com características de largura mais reduzida. Dado que, escoam e deslocam-se da praia para o exterior da zona de rebentação da onda. Ressalta-se que, as correntes de retorno são mais constantes em praias arenosas, pois estão mais expostas à acumulação, erosão e às elevadas altura da onda (Loureiro, 2006).

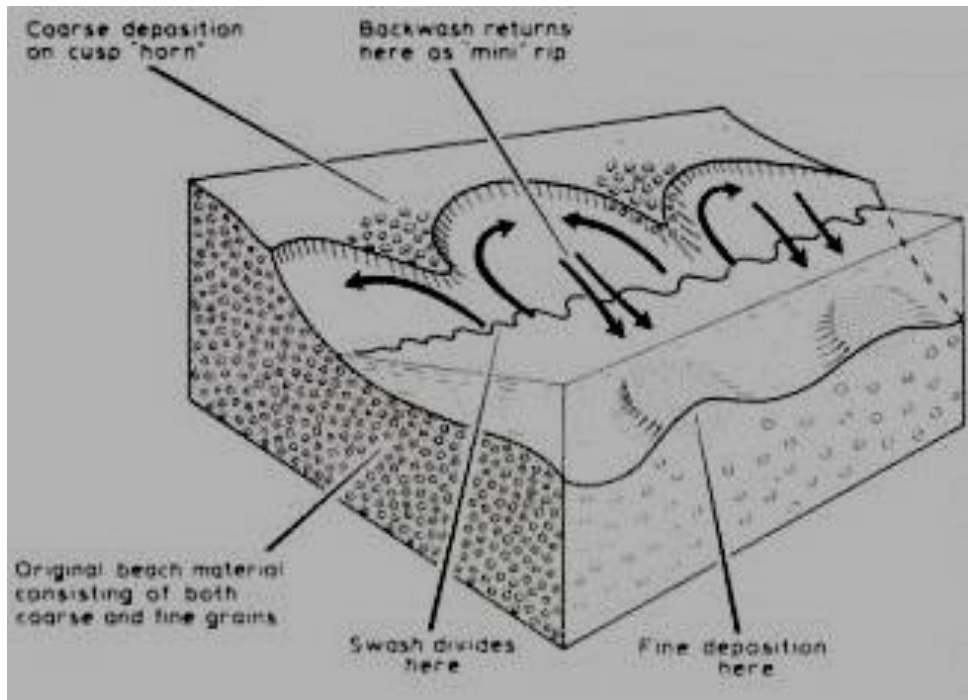


Figura 6 - Dinâmica da praia. Extraído de (Pethick, 1984).

Neste sentido, estas correntes diferenciam-se em comprimento, largura, profundidade, forma, velocidade e potência. A sua expressão de erosão manifesta-se através do atrito dos fundos móveis arenosos. Este processo erosivo pode acarretar fissuras profundas, permitindo descobrir antigos depósitos. (Loureiro, 2006).

As correntes de retorno proporcionam mudanças ao nível dos sedimentos, pois existe uma deslocação das areias para as profundidades do oceano, o que origina um enfraquecimento sedimentar das praias. (Loureiro, 2006).

Sintetizando, os gradientes transformam abruptamente a morfologia da praia, o que gera mudanças no padrão hidrodinâmico atuante. Esta dinâmica hidrológica possibilita determinadas morfologias e, posteriormente, induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante. Ou seja, a morfologia e a hidrodinâmica progridem em simultâneo (Calliari et al., 2003), tal como ilustrado na figura 5 e explicitado na figura 7.

Subsistemas do perfil de praia	Pré-praia:	Faixa de baixo declive sempre submersa, estendendo-se para o largo a partir do <i>nbmv</i> ;
	Praia baixa:	Faixa de declive elevado localizado entre o ponto mais elevado atingido pela corrente de afluxo em maré alta e o ponto mais baixo do refluxo em maré baixa. Engloba a face da praia e, quando presentes, a crista da berma e o terraço de maré, podendo considerar-se que corresponde à faixa de ressaca;
	Praia média:	Zona da praia, localizada atingida pelas correntes de afluxo e refluxo em condições de elevado hidrodinamismo, podendo por isso apresentar escarpas de tempestade.
	Praia alta:	Superfície da praia emersa atingida pelas ondas em episódios de extremo hidrodinamismo, localizada entre o limite interno do sistema (ex: duna ou arriba) e a praia média e podendo conter dunas embrionárias colonizadas de forma muito irregular.
Processos hidrodinâmicos	Faixa de transformação:	Faixa litoral localizada entre o ponto em que se inicia a interacção das ondas de circulação livre com o fundo e a faixa de rebentação. No que respeita ao transporte sedimentar e à dinâmica morfológica do perfil, pode delimitar-se externamente pelo ponto da profundidade de fecho;
	Faixa de rebentação:	Sector do perfil de praia onde as ondas se tornam instáveis e entram em colapso, podendo coexistir mais do que uma linha de rebentação, dependendo da morfologia de fundo, do período e do comprimento da onda;
	Faixa de surf:	Faixa da praia associada à ondulação pós-rebentação, estendendo-se entre a linha de rebentação mais próxima da linha de costa e a faixa de ressaca;
	Faixa de ressaca:	Sector a barlar da berma sujeito à alternância de correntes de afluxo e refluxo, normalmente correspondente à face da praia (swash zone);
	Faixa de correntes longilitorais:	Sector costeiro constituído pelas faixas de rebentação, de surf e parte externa da faixa de ressaca onde, pela incidência oblíqua das ondas, são geradas grande parte das correntes responsáveis pelo transporte sedimentar longilitoral.
Elementos morfodinâmicos	Crista pré-litoral:	Crista arenosa submersa, disposta em número variável paralelamente à linha de costa no sector submerso da praia. Corresponde a uma forma contínua ou descontínua, dependendo dos modos de circulação local, podendo ficar exposta em casos de baixa-mar viva extrema;
	Sulco pré-litoral:	Depressão paralela à linha de costa que separa o terraço de maré da crista pré litoral interna e/ou duas cristas sucessivas;
	Terraço de maré:	Sector do perfil de fraco ou nulo declive localizado na praia baixa, entre a base da face da praia e o sulco pré-litoral;
	Base da face da praia:	Ponto de separação entre a face da praia e o terraço de maré, por vezes atingido pela rebentação;
	Face da praia:	Sector declivoso e planar do perfil de praia normalmente localizado entre a crista da berma e o terraço de maré, encontrando-se sujeito à acção das correntes de afluxo e refluxo durante a baixa-mar;
	Crista da berma:	Extremidade barlar da berma que delimita este sector sub-horizontal do perfil, na praia média, do sector mais declivoso associado à face da praia, na praia baixa;
	Berma:	Sector do perfil da praia média de reduzido declive, formado pela acumulação de sedimentos por acção das ondas. Pode apresentar um ligeiro aclive no sector sotamar. A presença de várias bermas no perfil é comum e testemunha a ocorrência de vários episódios de acreção.
	Escarpa de tempestade:	Corte vertical no perfil de praia associado à acção das ondas de tempestade. O seu posicionamento no perfil encontra-se frequentemente acima da face da praia, podendo o perfil exibir múltiplas escarpas associadas a eventos distintos.
Dunas embrionárias:	Formas de acumulação eólica de materiais arenosos presentes na praia alta, normalmente de pequenas dimensões e descontínuas, podendo apresentar uma cobertura esparsa de vegetação.	

Figura 7: Esquema dos Processos hidrodinâmicos e propriedades dos sedimentos na dinâmica do perfil de praia. Fonte: (Trindade, 2010).

1.5. Linha de Costa

Após referir a terminologia associada ao litoral, torna-se essencial definir e explicitar o objeto de estudo desta investigação, nomeadamente, a linha de costa de Vila Nova de Gaia. O conceito de linha de costa define-se por uma interface física entre a terra e a água (Dolan et al., 1980). Por outras palavras, circunscreve-se como um limite físico situado entre o ambiente marinho e o ambiente terrestre.

Todavia, considera-se importante referir que, existe um debate em torno deste tópico, mais concretamente, no que alude ao seu dinamismo, visto que este resulta dos diversos processos de origens naturais e antrópicas atuantes na região litoral. (Camfield & Morang, 1996; Stive et al., 2002).

A erosão e a acreção das zonas costeiras é o resultado visível da forma como a linha de costa progrediu e evidência, claramente, o seu carácter dinâmico (Donovan et al., 2002). Na prática torna-se difícil aplicar esta definição à área de estudo, uma vez que o litoral encontra-se em constante modificação, devido ao movimento sedimentar constante.

Devemos entender que a linha de costa é instantânea e móvel, variando a sua localização em termos espaciais e temporais. Estas alterações advêm de diversas razões, tais como, a ondulação, as marés, o estado de tempo, as águas subterrâneas e o declive da praia (Donovan et al., 2002).

O referente estudo debruça-se na posição ocupada pela linha costa, sobretudo, nas áreas costeiras arenosas. Para se obter informações quanto à referente questão realizou-se uma observação e análise de fotografias aéreas, recorrendo ao *Google Earth*, com o propósito de investigar as transformações da tonalidade nas areias da praia. Deste modo, constatou-se que existe uma mudança nítida no que diz respeito ao areal seco e molhado.

Como tal, considera-se importante realçar que Kraus e Rosati (1997) propõem alguns métodos para definir a linha de costa, sendo estes:

- a) Linha Média das Praia-mar Vivas (Mean High Water Line/Shoreline – MHWL): refere-se à média de uma série de situações de preia-mar viva que ocorrem num período de 19 anos;
- b) Linha de Praia-mar (High Water Line- HWL): evidencia-se em vários elementos geomorfológicos, nomeadamente, a linha de berma, a crista da praia e a base de dunas ou de arribas;

c) Fronteira Seco/Molhado: dependente muito da morfologia da praia, do nível do mar, da ondulação e do regime de vento, entre outros. Caraterizando-se por uma diferenciação de tonalidades visíveis através das fotografias aéreas.

d) Linha de Água – linha de interseção entre a areia da praia e a água. Esta fronteira é móvel e instantânea, e refere-se à incidência da ondulação ou outro tipo de deslocamentos de água do mar perto da costa.

e) Linha definida por dunas ou arribas – excetua-se a partir da base ou em algum dos sectores no topo de uma arriba. No caso dos sistemas dunares deve-se analisar como uma HWL típica de uma praia estreita sem berma associada.

Para além destes métodos, existem múltiplos elementos que definem a disposição da linha de costa, designadamente, as variações de longo prazo, as cíclicas ou aleatórias; ou de curto prazo relacionadas com episódios extremos (Oliveira, 2005).

O processo adotado para estabelecer a linha de costa afeta, principalmente, o rigor posicional tal como a interpretação geomorfológica. Sendo assim, considera-se que existe uma variação entre os fatores alusivos (processos físicos) e os fatores provenientes (processos de mediação e de interpretação).

Posto isto, destaca-se que o método utilizado neste estudo incide no indicador de fronteira seco/molhado, pois este revelou-se um fator favorável, sobretudo, no que concerne, à facilidade que proporcionou na visualização de fotografias da área referente ao contraste existente na tonalidade areal. Desta forma, podemos efetuar uma comparação com a HWL (Dolan et al., 1980). Visto que, a fronteira entre a areia e a água é encarada como outro indicador da linha de costa. De facto, este último indicador surge congruente com a definição clássica da linha de costa das praias arenosas. Porém, este submete-se a uma condição energética do local, podendo ser encarado como um limite dinâmico (Menezes, 2011).

1.6. Storm Surge

Morais & Abecassis (1978) desenvolvem a primeira investigação, em Portugal, que consiste no cálculo o "*storm surge*". Nesta pesquisa, os autores citados registam em Janeiro de 1973, nomeadamente, no marégrafo de Leixões um nível de sobrelevação de 53 centímetros. Sendo que, esta sobrelevação provocou destruições avultadas neste porto. Note-se que, até ao início dos anos 90 não se encontrou mais artigos alusivos a esta temática.

O primeiro estudo sistemático do fenómeno de "*storm surge*", em Portugal, foi publicado por Taborda & Dias (1992). Destaca-se que, a expressão, "*storm surge*" de origem anglo-saxónica, refere-se à sobrelevação do nível das águas do mar associada a uma situação meteorológica extrema. Caracteriza-se por ser temporário e esporádico, pois ocorre durante um episódio de tempestade em que o nível do mar ultrapassa o habitual nível de água elevada (Silva, 2007) , como é visível na figura 8.

A atmosfera encontra-se em constante interação com o mar. Dito de outra forma, consoante o estado da atmosfera este irá refletir-se no estado do mar. A maré meteorológica sucede-se quando existe uma descida repentina da pressão atmosférica conjugada com os ventos de forte intensidade e precipitação, o que ocasiona uma subida do nível do mar, uma modificação da temperatura das águas do mar e da salinidade, assim como a respetiva fusão das massas de água superficiais e profundas. Originando assim, sobrelevações do nível do mar junto ao litoral.

Perante uma depressão atmosférica, o nível do mar eleva-se localmente, sucedendo um empolamento e acumulação de água sobre a costa, causada por possantes ventos. Portanto, numa conjuntura em que o vento sopra com uma velocidade de 80km/h, durante doze horas, na direção de terra, a correspondente sobrelevação do mar será de 1 m (Paskoff, 1998 cit in Loureiro, 2006).

No decurso dos períodos de tempestade, as ondas sobrelevadas devastam a costa com uma enorme energia, originando galgamentos marinhos. Sendo que, estes incitam modificações morfológicas muito severas nas praias arenosas, em particular, na destruição de imediato das dunas e o recuo intensificado das arribas arenosas (processos erosivos) e na geração de leques de galgamento (processos de acumulação). No que diz respeito às praias de seixos, a sobrelevação das ondas origina cristas de seixos com grande altura e induz aumento acentuado do declive da face da praia (Loureiro, 2006).

Posto isto, em situações de tempestades, associados com preia-mar de águas vivas, as massas de água geram uma grande energia impulsionando galgamentos oceânicos com consequências morfogenéticas muito graves e mesmo catástrofes (Viles & T., 1995).

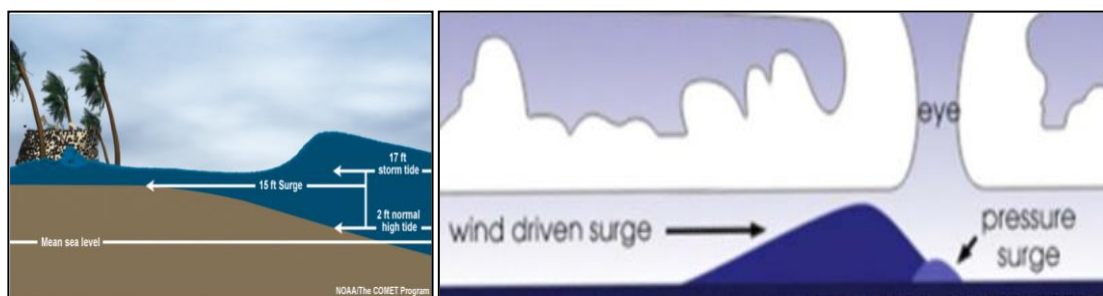


Figura 8: Condições da formação de Storm Surge. Adaptado: ("Introduction To Storm Surge," 2008).

1.7. Caracterização da faixa costeira de Vila Nova de Gaia

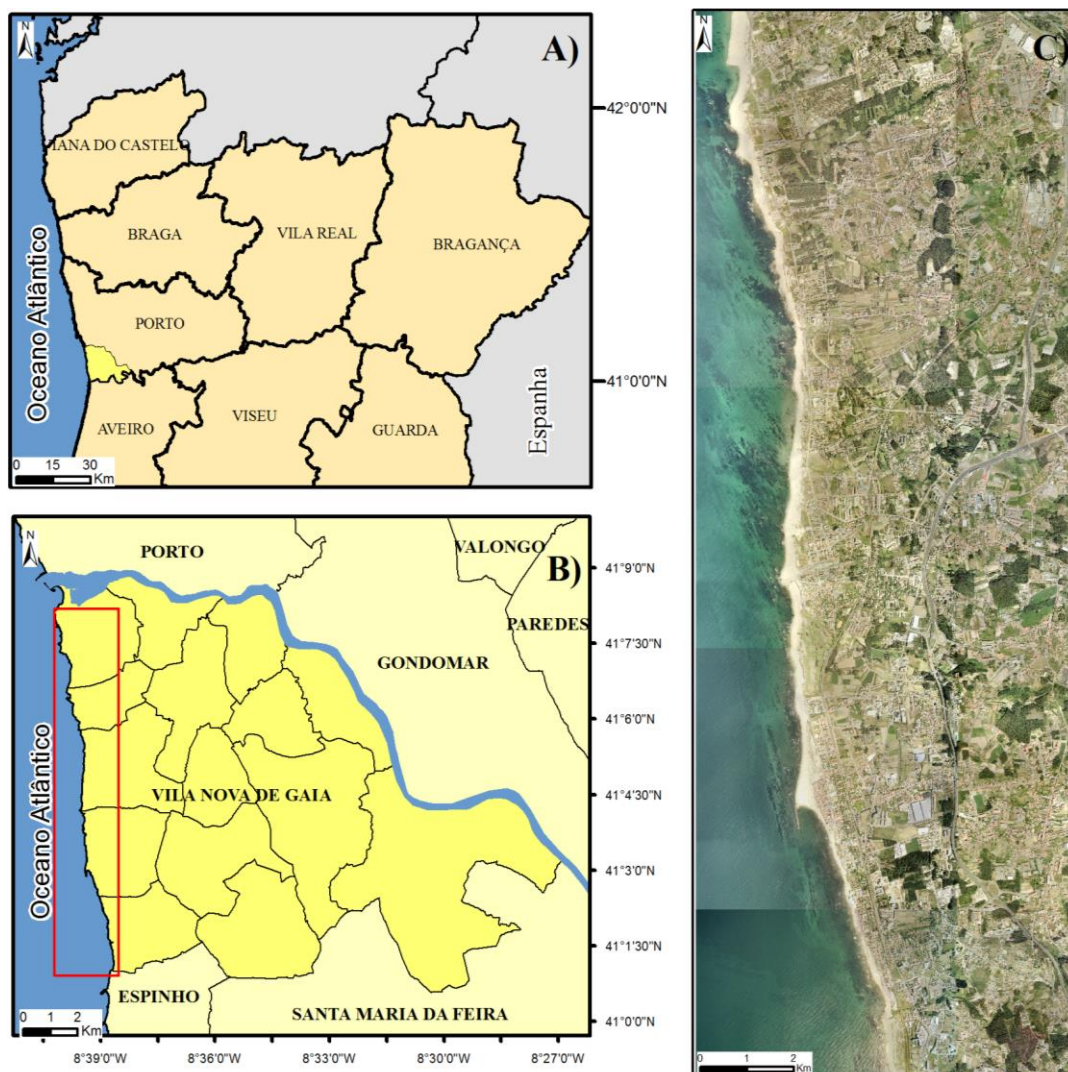
O concelho de Vila Nova Gaia apresenta uma costa atlântica extensa, aproximadamente, cerca de 18 quilómetros. Nesta área, existem várias praias com uma variedade e riqueza de fauna e flora autóctone e até com características terapêuticas. E dispõe também de uma configuração recortada, com numerosas saliências e reentrâncias, decorrentes de tómbolos ancorados nos afloramentos rochosos e de praias em bolso entre os afloramentos. (Minho, 2010). No que respeita ao tipo de tamanho de sedimentos observa-se que, na sua globalidade, compõem-se por areias grosseiras (Minho et al., 2010).

De uma maneira geral, as praias são estreitas e as dunas pouco desenvolvidas. No entanto, tem-se verificado um aumento das dunas preexistentes e de novas, devido a uma política de proteção que visa colocar paliçadas na berma das praias. Note-se que, esta política foi criada pelo Parque Biológico de Gaia.

Segundo consta no *website*¹ da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia o município, em termos nacionais, apresenta uma boa classificação na qualidade das praias. Dado que, surge como segundo concelho com que possui o maior número de bandeiras azuis, devido ao investimento e à aposta na qualidade e acessibilidade das praias, estendendo-se por toda a costa desde a foz do rio Douro até São Félix da Marinha, como podemos observar na figura 9.

¹http://www.cm-gaia.pt/portais/_cmg/Turismo.aspx?categoryOID=5C928080809180GC&nl=pt.

Acedido em Agosto de 2015.



Fonte: CAOP 2014 (DGT); Diva Gis Gaiurb
 Sistemas de Coordenadas: ETRS89 TM06PT

Figura 9: Enquadramento Geográfico da costa marítima de Vila Nova de Gaia.

A área de estudo incidu em várias praias, nomeadamente, a praia de Lavadores, a praia de Salgueiros, praia de Canide Norte, praia de Canide Sul, praia da Madalena Norte, praia da Madalena Sul, praia de Valadares Norte, praia de Valadares Sul, praia Dunas Mar, praia de Francemar, praia de Francelos, praia da Sãozinha, praia do Senhor da Pedra, praia de Miramar, praia Mar e Sol, praia da Aguda, praia da Granja e, por fim, praia de S. Félix da Marinha.

O concelho em estudo possui inúmeras infraestruturas para usufruto da população e para a sustentabilidade do ambiente, tal como referido anteriormente. Como tal, considera-se importante realçar que existe um passadiço de madeira, com uma extensão de 15 quilómetros;

sistemas de regeneração dunar, constituídos por paliçadas de madeira, de forma retangular para proteger da degradação; apoios às praias por toda extensão da costa; travessias, em madeira, sobre os ribeiros de modo a facilitar o acesso de maneira mais sustentável; parques de lazer e infantis com espaços de contemplação sobre a paisagem marítima; um campo de Golfe perto da praia de Miramar; vários estabelecimentos de restauração próximos do areal para entretenimento das populações; infraestruturas desportivas, como por exemplo, a piscina Municipal da Granja contígua ao areal; um parque dunar localizado na praia Aguda.

Sendo assim, constata-se que o concelho de Vila Nova de Gaia abarca uma grande oferta de equipamentos, pois ao longo dos anos, investiu-se numa construção e qualificação dos mesmos, permitindo assim, uma longevidade dos materiais requalificados e enriquecendo turisticamente a faixa costeira do município.

No âmbito da proteção e preservação do meio ambiente a autarquia de Vila Nova de Gaia, conjuntamente, com outras entidades municipais, como por exemplo, o Parque Biológico tem-se vindo a manter as existentes e criar novas dunas, através da construção das paliçadas de regeneração dunares. No que diz respeito à construção de passadiços destaca-se que estes foram criados com o objetivo de evitar o pisoteio e instituir um parque dunar da Aguda. Deste modo, procura-se sensibilizar as pessoas e demonstrar a existência da biodiversidade de fauna e flora existentes nestes locais.

Efetuada uma apreciação global, verifica-se que nas inúmeras praias predomina a costa arenosa. No entanto, também existem alguns locais com costa rochosa, sobretudo, na praia de Lavadores e na praia de Salgueiros, pertencente à freguesia de Canidelo e a norte de Aguda. Note-se que, estas características podem ser observadas na figura 10.

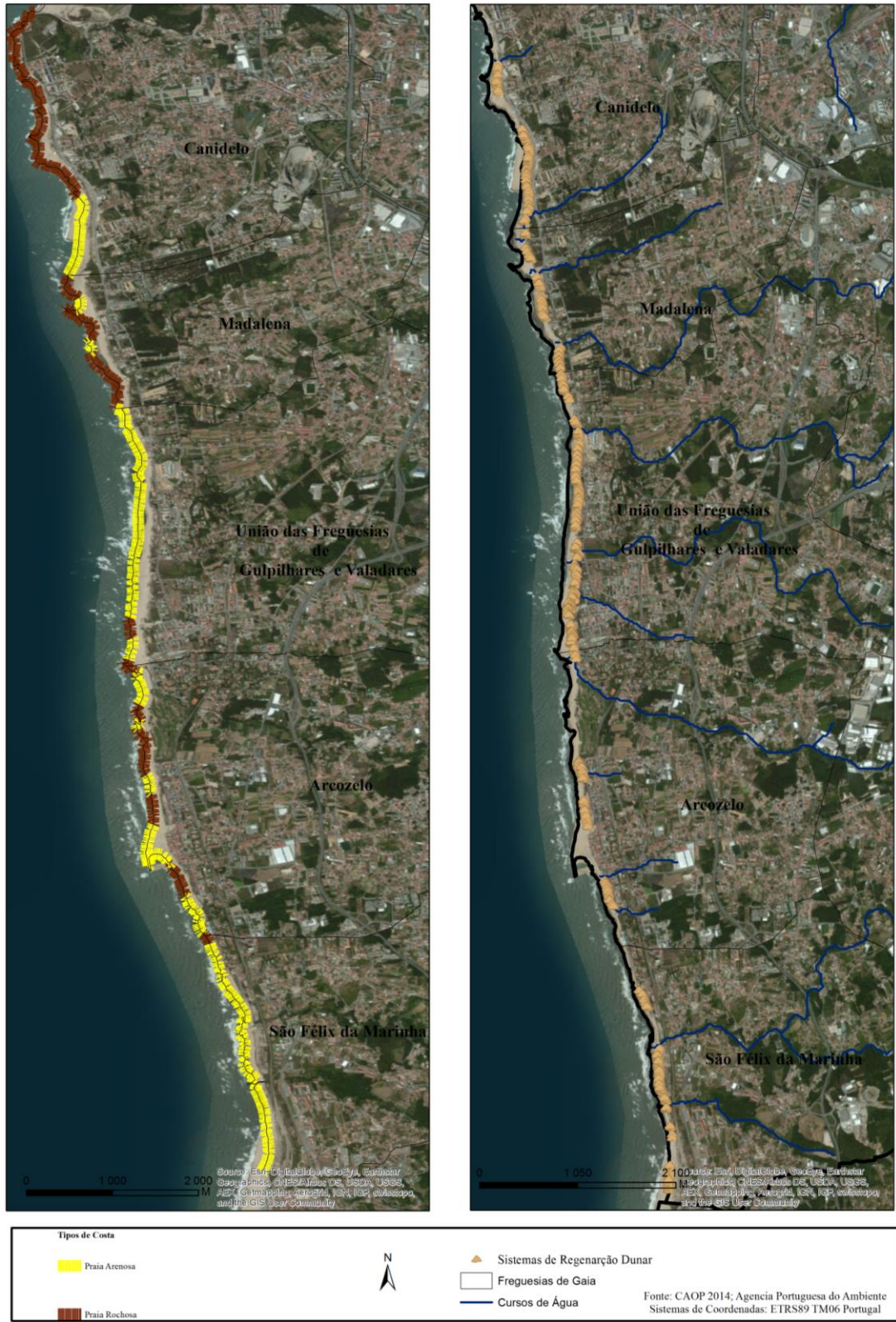


Figura 10: Mapas de Representação do tipo de costa, sistemas de regeneração dunar e ribeiros.

Capítulo 2 – Variação da linha de costa de Vila Nova de Gaia

2.1. *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*

O sistema digital de análise das linhas de costa (*DSAS*) consiste numa aplicação, *Open Source*, que expõe uma ligação ao *software* de Sistema de Informação Geográfica do *ArcGis* e da companhia *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*. A versão mais recente (*version 4.0*) foi lançada em Maio de 2009, sendo conciliável com o *ArcGis 9.2* ou com uma versão superior.

Esta extensão permite calcular, em termos estatísticos, a taxa de variação de margem de múltiplas posições históricas do litoral, abarcando assim a quantificação do avanço e recuo do mar em relação a um determinado local. Ademais, a ferramenta *DSAS* contém: a) instruções sobre a forma mais correta de limitar uma linha de base, como referência para medições; b) um manual de informações de medição de transeptos e Metadados com suporte em critérios discriminados pelo utilizador; c) um output com o cálculo de taxas de mudança de margem e outros esclarecimentos estatísticos.

Os métodos utilizados pelo *DSAS* para calcular as variações são os seguintes: taxa de ponto de extremidade; regressão linear simples; regressão linear ponderada e mediana; regressão mínima de quadrados. Os resultados da análise estatística como o erro padrão, o coeficiente de correlação e o intervalo também são calculados exclusivamente para os processos de regressão linear simples e ponderados. Todos os resultados são exportados para uma tabela, vinculada e arquivada num campo de atributo comum nos transeptos. O utilizador pode optar por diferentes métodos estatísticos conforme o seu objetivo de estudo.

O *DSAS* tem como finalidade simplificar o processo de informação da taxa de mudança e os dados estatísticos indispensáveis para estabelecer a confiabilidade dos resultados e facilitar a mudança de cálculo. O *software* adapta-se para qualquer aplicação geral que contabiliza a modificação posicional ao longo do tempo, tais como a apreciação de taxas de variação de limites glaciares em fotos aéreas sequenciais, limites de beira de rio, mudanças de cobertura de terra, entre outros. Os métodos estatísticos aplicados pelo *DSAS* calculam as taxas de variação de uma linha de costa, baseando-se nos diferentes posicionamentos da mesma ao longo do tempo em um certo transepto (Thieler et al., 2009).



Figura 11: A) Excerto do mapa representativo das linhas de costa em séries temporais, desde 2003 até 2012, a partir do contato seco/molhado; B) Linhas de costa e seus respectivos transeptos.

Este sistema caracteriza-se pela sua utilidade e eficácia. No entanto, apesar de inúmeras tentativas para usar a extensão não foi possível utilizar esta ferramenta, face a inúmeros problemas técnicos, apesar da tentativa em utilizar várias versões entre do software *ArcGis* e da extensão *DSAS*. Perante isto, esta ferramenta serviu apenas como “modelo”, e procurou-se um método alternativo, para adquirir os dados referentes à variação da linha de costa de Vila Nova de Gaia.

Assim, a metodologia empregue consistiu na realização dos mesmos passos de forma manual. Inicialmente foi necessário delinear uma linha fixa em relação à costa designada por “*Base Line*”, considerando um eixo Norte-Sul, de forma a realizar as linhas de transepto visíveis na figura 11.

2.2. Metodologia alternativa empregue para calcular a Variação da Linha de Costa

O procedimento consistiu na observação e interpretação da diferente tonalidade do areal, alcançado devido à deslocação da ondulação num determinado espaço e tempo. Apesar de não ter conseguido utilizar a extensão *DSAS* devido a problemas, já supramencionados, o método foi empregue foi efetuar o estudo da variação da linha de costa de formas manual.

Inicialmente, selecionaram-se datas que permitissem observar e constatar um resultado da evolução da linha de costa ao longo do tempo, sendo estas: 7 de Setembro de 2003; 30 de Outubro de 2006; 11 de Outubro de 2009, e por fim, 22 de Junho de 2012. Estas datas foram

selecionadas devido à informação existente, de modo a viabilizar os dados e obter melhores resultados. Não foi possível selecionar o ano de 2014, de maneira obter os resultados anteriores e posteriores à tempestade hércules devido à falta de material.

De modo a gerar a linha de base, teve-se como referência uma linha que se localiza a diferença da tonalidade do areal de cada ano escolhido, paralela à linha de costa, e presente em toda a área de estudo. Para tal, foi necessário vetorizar as linhas de cada ano no *Google Earth* e, posteriormente, transformou-se o *Kml* para *Shapefile* e extraíram-se estas linhas com a finalidade de trabalhar as mesmas no *ArcGis 10.2.2*. O avanço da tecnologia tornou as plataformas de *SIG's* em poderosas e acessíveis ferramentas para a manipulação de largas quantidades de dados, favorecendo a visualização e a análise espacial dos mesmos (Moore, 2000).

No *software SIG*, colocaram-se todos os dados no mesmo sistema de coordenadas no qual foi escolhido o ETRS89. Posteriormente, traçou-se um segmento de linha reta com a orientação Norte-Sul do município de Vila Nova de Gaia, designando-se por Linha de Base. Partindo desta conceção, criou-se uma linha perpendicular, através da ferramenta "*Editor*", gerando um ângulo de 90°.

A partir da linha perpendicular, designada por Transepto, gerou-se inúmeras linhas que intersectassem com a linha de base, cobrindo toda a linha de costa. Para obter estas linhas foi preciso empregar a ferramenta "*Copy Parallel*", com uma distância de intervalo de 250 metros, sendo realizados 52 transeptos.

Concebida a linha de base conjuntamente com os transeptos, conseguiu-se medir o comprimento da disparidade na tonalidade do areal, ao longo dos anos em estudo. Nesse sentido, recorreu-se à extensão "*Editor*", mais precisamente o "*split tool*", que corta o ponto de interseção entre os transeptos e o esboço da linha de costa, com o intuito de aferir o comprimento exato que naquele instante possuía. Este processo é realizado repetidamente aos 52 transeptos de cada ano estudado.

Através da ferramenta "*Add Field*", na tabela de atributos da linha de base, acrescentou-se novos campos com informações, tais como: o comprimento inicial dos transeptos, correspondendo a 18 metros de comprimento, em 2007; o comprimento de cada transepto intersectado com a linha de costa instantânea, em metros; e a informação adicional a cada segmento traçado, sendo realizado pela extensão "*Calculate Geometry*".

Efetuada todas as análise no *ArcGis*, seguiu-se para o software *Excel*, colocando os resultados dos comprimentos obtidos na tabela de atributos, de modo a poder comparar e representar a evolução da linha da costa, através da diferença entre a tonalidade do areal.

A maneira mais eficiente de efetuar este transeptos foi, primeiramente, delinear a linha de transecto a partir da freguesia a sul, nas praias de São Félix da Marinha e terminando a norte, nas praias da freguesia de Canidelo do concelho de Vila Nova de Gaia. As linhas de cada transecto foram associadas a Algarismos, de modo a identificar e distinguir os mesmos. Deste modo, surgiram os seguintes transeptos: a) os Algarismos 1 a 14 correspondem aos segmentos da praia da freguesia de São Félix da Marinha; b) os Algarismos 15 a 27 referem-se à freguesia de Arcozelo; d) os Algarismos 28 a 38 correspondem à união das freguesias de Gulpilhares e Valadares; e) os valores de 39 a 45 correspondem à freguesia da Madalena; f) os Algarismos de 46 a 52 referem-se aos segmentos das praias da freguesia de Canidelo.

A partir dos resultados obtidos no *ArGis 10.2.*, foi possível analisar a diferença entre os anos selecionados, na folha de cálculo do *software Excel*, (cf. Figura 12), efetuando os seus respetivos gráficos.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Transecto	2003	2006	2003-2006	2009	2006-2009	2012	2009-2012
2	1	1883,984417	1906,117548	-22,1	2020,206804	-114,1	2020,206804	0,0
3	2	1914,76863	1940,469783	-25,7	1947,999754	-7,5	1942,159062	5,8
4	3	1949,095538	1962,15785	-13,1	1995,837014	-33,7	1978,925846	16,9
5	4	1971,456216	1992,615228	-21,2	1994,511918	-1,9	1984,581124	9,9
6	5	1943,379766	1953,056248	-9,7	1960,334577	-7,3	1938,550153	21,8
7	6	1876,249416	1877,501887	-1,3	1888,063217	-10,6	1873,259158	14,8
8	7	1855,896716	1860,880428	-5,0	1859,441104	1,4	1853,862859	5,6
9	8	1840,897525	1845,830116	-4,9	1845,634197	0,2	1852,036643	-6,4
10	9	1779,924657	1793,967474	-14,0	1787,377036	6,6	1777,165999	10,2
11	10	1667,072831	1684,740519	-17,7	1679,400339	5,3	1686,672275	-7,3
12	11	1589,272486	1600,127911	-10,9	1601,641139	-1,5	1602,759609	-1,1
13	12	1514,509123	1518,142193	-3,6	1525,131778	-7,0	1524,488933	0,6
14	13	1453,403188	1448,368377	5,0	1456,77782	-8,4	1455,324933	1,5
15	14	1337,711556	1344,868053	-7,2	1358,240272	-13,4	1334,318621	23,9
16	15	1281,707469	1280,344485	1,4	1282,202034	-1,9	1270,531731	11,7
17	16	996,7368923	1006,593124	-9,9	1001,777165	4,8	987,5454607	14,2
18	17	1041,931862	1014,056511	27,9	1019,668338	-5,6	1013,612501	6,1
19	18	1043,076357	1035,260694	7,8	1054,963974	-19,7	1038,27423	16,7
20	19	1038,754956	1031,929797	6,8	1040,986735	-9,1	1039,221413	1,8
21	20	983,0795496	960,4107802	22,7	992,5434854	-32,1	977,889362	14,7

Figura 12: Excerto da folha de Excel dos resultados da variação da linha de costa.

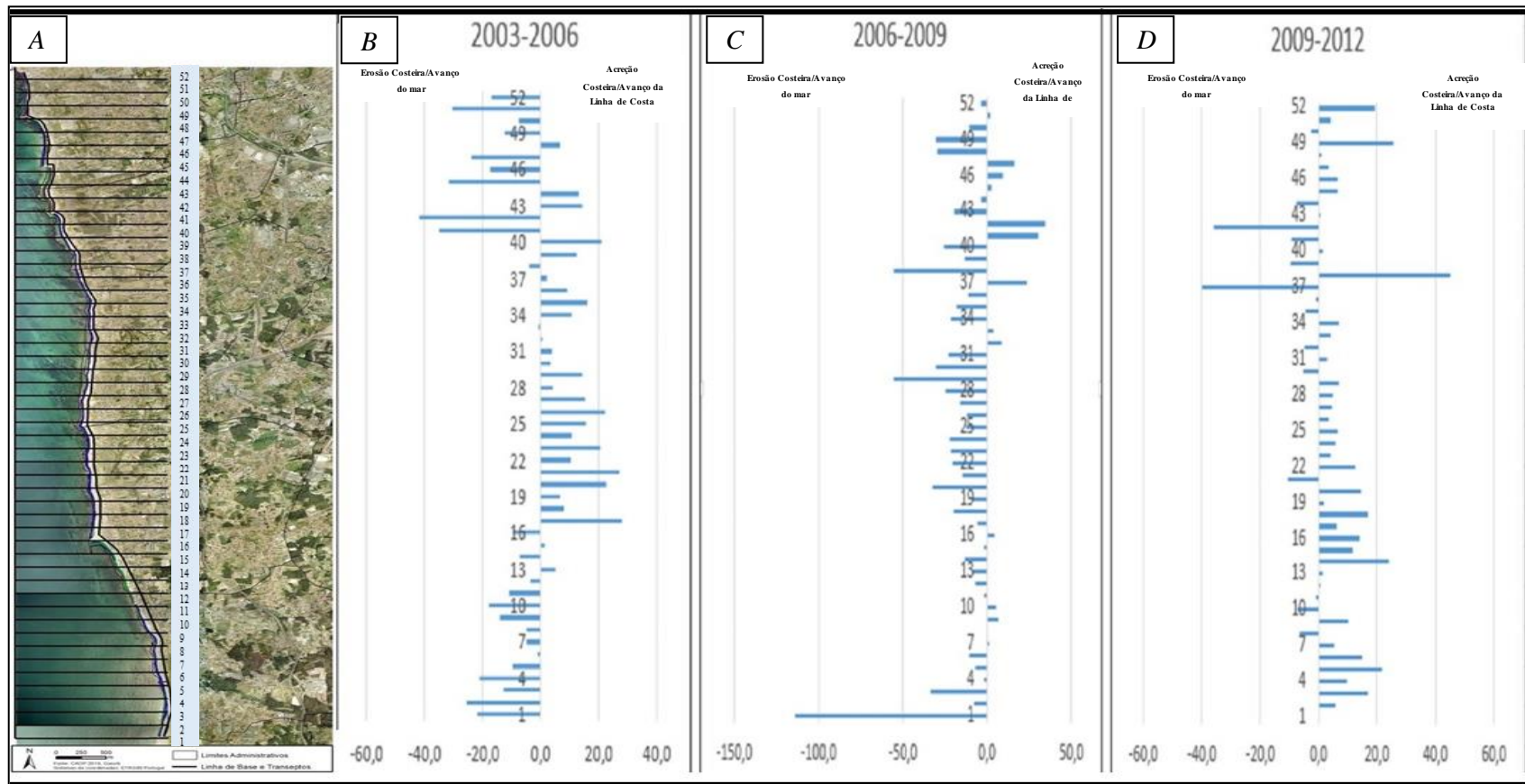


Figura 13: A) Linha de base e dos Transeptos; B) Variação da linha de costa de 2003 para 2006; C) Variação da linha de costa de 2006 para 2009; D) Variação da linha de costa de 2009 para 2012.

Com os resultados obtidos, podemos constatar no gráfico 13 B que, na transição do ano de 2003 para 2006, num número razoável dos transeptos (mais de metade), existe uma acreção, ou seja, a linha de costa foi, ao longo dos anos supramencionados, alcançando e estendendo-se pelo areal, deslocando parte dos sedimentos. Sobretudo a norte do concelho, nas freguesias de Arcozelo, Madalena, e parte de Canidelo apresentam valores com maior recuo da linha de costa, ou seja, uma maior acumulação de sedimentos nos areais das praias. Contudo, os valores que ressaltam no gráfico são relativos à freguesia de Canidelo, nomeadamente nos locais de Lavadores e Salgueiros e na freguesia de São Félix da Marinha, que apresentam os valores negativos e na sua globalidade, ou seja, erosão da costa e consecutivo avanço do mar.

No gráfico 13 C, verifica-se que de 2006 para 2009, na sua maioritariamente ocorreu uma diminuição do areal, ou seja, a linha de costa foi-se aproximando da estrada marginal, onde se concentram infraestruturas e equipamentos. De uma forma geral, toda a costa da área em estudo teve um saldo negativo, a favor da erosão, sendo as freguesias que registam valores negativos as de Valadares, Gulpilhares, São Félix da Marinha e grande parte de Canidelo. Os locais onde se obteve um saldo positivo ou avanço das praias foram as freguesias da Madalena, a sul de Canidelo, a sul de Gulpilhares e duas praias de São Félix da Marinha. Houve também uma acreção no transecto 16, correspondendo à área do quebra-mar da Aguda (Arcozelo), visto que esta infraestrutura (quebra-mar) contribuiu para que os sedimentos vindos do rio Douro e de outras praias mais a norte ficassem retidos neste local. Os valores com maior discrepância dizem respeito às praias de São Félix da Marinha e as praias da Madalena.

Por fim, na transição dos anos de 2009 para 2012 (figura 13 D), verifica-se que, maioritariamente, registou-se um saldo positivo em termos de linha de costa, ou seja, existe, de maneira generalizada, um recuo da linha de costa, havendo um acréscimo de areal em quase todas as praias do município de Vila Nova de Gaia. O transecto correspondente ao algarismo 16, em Aguda, continuou a crescer, pois o quebra-mar destacado em Aguda originou, a cada ano, o aumento da acumulação sedimentar. As praias com maior acréscimo são a norte de Valadares, ultrapassando os 40 metros; Canidelo; Arcozelo e na maioria de São Félix da Marinha. Em contrapartida, algumas praias a norte de Gulpilhares; as praias da Madalena e nas praias a sul de Canidelo que registaram um decréscimo de 40 metros no areal e no consecutivo avanço da linha de costa sobre o território.

Tal como elucidam os gráficos anteriores, podemos concluir que a variabilidade é extremamente inconstante no percorrer dos anos, havendo uma deslocação e modificação da

linha de costa. Porém, os locais em que existe uma maior perceção do avanço da linha de costa e respetiva saída de sedimentos são as praias a norte do concelho, como em Canidelo, Madalena e Valadares e algumas praias de Gulpilhares. Por outro lado, as praias de São Félix da Marinha e de Arcozelo, a sul do município, evidenciaram um saldo positivo e acumulação sedimentar.

Certos locais possuem um extenso areal, como acontece entre as praias de Miramar e Aguda, devido à construção de infraestruturas de defesa costeira, como o exemplo do quebra-mar destacado de Aguda. Este teve como finalidade acolher embarcações de pesca na praia de Aguda, e foi construído entre os anos de 2001 a 2002. Após a sua construção observou-se um enorme crescimento do areal, aproveitando parte desses sedimentos excedentes para alimentação artificial de praias próximas em processo erosivo.

Capítulo 3 – Caraterização Atmosférica e Oceanográfica

3.1. Reflexão sobre a intempérie de Janeiro de 2014

Ao longo dos anos, Portugal deparou-se com eventos atmosféricos que levaram a danos e fatalidades, tais como as inundações de 1876, 1967 e 1997 (Zêzere et al., 2014). No entanto, os estudos científicos com foco na perspetiva observacional são escassos (Sousa et al., 2013), sobretudo estudos de pesquisa pós-desastre.

Salienta-se que as elevações do mar constituem riscos naturais para a zona costeira, podendo estes compor-se por quatro tipos de ocorrências distintos (PROCIV, 2010):

- a) As elevações lentas, que se manifestam por causas naturais (ou induzidas, indiretamente, por atividades antrópicas), sendo apontadas por variações seculares do nível do mar;
- b) As elevações do nível do mar de curto período (em segundos), mas contínuas. Estas derivam da passagem temporais impetuosos que elevam a altura das ondas.
- c) As elevações do nível do mar de origem meteorológica de curto a médio período, podem variar entre horas e até mesmo dias. Estas elevações, habitualmente, relacionam-se aos núcleos de baixas pressões instigadoras de temporais. Assim sendo, designam-se pelo termo anglo-saxónico “*storm surge*”;

- d) As elevações do nível de mar com ocorrência de ondas colossais, denominam-se por “*tsunamis*”. Geralmente são casos isolados, sendo incitadas por sismos com epicentros situados no mar.

Na transição do ano de 2013 para 2014, o território português foi assolado por uma forte instabilidade atmosférica, com a deslocação de acentuados centros de baixas pressões provenientes do Atlântico Norte, implicando assim, um incremento considerável na agitação marítima, comparativamente, a invernos dos anos transatos.

Nos dias 5 e 7 de Janeiro de 2014, este sistema de baixa pressão aproximou-se de Portugal, sendo, inicialmente, designada pela Instituição de Meteorologia da Universidade de Berlim como tempestade “*Christine*” (<http://www.met.fu-berlin.de/adopt-por-vortextief>), tendo origem nos Estados Unidos da América e no Canadá. No entanto, o *The Weather Channel*² denominou-o por “*Hércules*”. Na presente dissertação optou-se pela designação de “*Hércules*”, dado que na pesquisa acerca do seu impacto e desenvolvimento, este surge nos meios de comunicação, frequentemente, com o nome de “*Hércules*”. Além de que, posteriormente, foi oficializado por esta denominação. Sublinha-se que este acontecimento correspondente à alínea “c”, supramencionada, nos riscos da proteção civil.

De salientar que, em consequência de ventos fortes, de períodos longos de ondulação e de intensa precipitação, os danos registados pelo “*Hércules*” foram numerosos. Os impactos mais agressivos ocorreram na noite de segunda-feira, dia seis de Janeiro e no início da manhã de terça-feira, dia sete de Janeiro. Aliás, segundo o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2014) “a depressão centrada na costa leste dos EUA no dia 3 às 00 UTC, com cerca de 1000 hPa, atravessou o Atlântico durante os dias 4 a 6, e sofreu um processo de ciclogénese explosiva registando um valor mínimo de pressão de 936 hPa às 00 UTC do dia 5 de Janeiro. Às 00UTC do dia 7 de Janeiro localizava-se a noroeste da Escócia, com cerca de 965 hPa, tendo sido designada por tempestade Christine pela Universidade de Berlim” (IPMA, 2014).

Note-se que o processo que conduz à rápida intensificação de ciclones extratropicais tem sido designado na literatura por ciclogénese intensa, ciclogénese explosiva ou ciclogénese de costa leste (Chen et al., 1992; Miller, 1946). A palavra “explosiva” refere-se ao pequeno intervalo de tempo, no qual o ciclogénese se desenvolve, sendo que apresenta uma taxa elevada de aprofundamento da pressão na superfície do centro do ciclone. Deste modo, Sanders & Gyakum (1980) classificaram como explosiva a ciclogénese que apresenta uma taxa de

² <http://www.weather.com/> Acedido em Agosto de 2015.

intensificação maior ou igual a 1 *Bergeron*. Isto é, o decréscimo da pressão central do sistema de 24 hPa em 24 h, ajustada para a latitude média onde a ciclogénese se desenvolveu.

Este sistema originado na costa leste é, predominantemente, um fenómeno oceânico (Juang & Ogura (1990); Nielsen & Dole (1992); Ogura & Juang (1990); Sanders & Gyakum (1980), surgindo, frequentemente, nos Oceanos Atlântico e Pacífico, uma vez que estes contêm características fisiográficas capazes de desenvolver conjunturas favoráveis para a sua ocorrência. Ressalva-se ainda que, a ciclogénese, geralmente, é mais intensa em regiões de fortes gradientes de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do que em alto mar, Holland & Coleman (1987); Sanders & Gyakum (1980); Sinclair (1995); Yinlong & Mingyu (1999), sendo mais frequentes durante a estação de inverno Gan & Rao (1991); Sanders & Gyakum (1980); Sinclair (1995).

A ciclogénese surge dos efeitos da libertação do calor latente (LCL) e dos fluxos de calor total que definem-se como o somatório dos fluxos em superfície de calor sensível e calor latente, da topografia e dos distúrbios na troposfera superior (Davis & Emanuel (1988); Kuo & Low-Nam (1990); Kuo & Reed (1988); Nuss & Anthes (1987); Sanders & Gyakum (1980); Uccellini (1990); Walsh et al. (1993), existindo uma interação entre estes mecanismos (Edidin et al., 1991; Roebber, 1989).

Importa destacar que a ondulação gera-se através das perturbações atmosféricas, podendo ser produzidas por ondas gravitacionais, atividades de tempestades e saltos de pressão frontais (Rabinovich et al., 2009; Vilibic & Sepic, 2009). Estas ondas são idênticas aos do processo de um *tsunami*, assim como a forma de atuação na costa, sendo geralmente designadas por “tsunamis meteorológicos”. Deste modo, as características da tempestade “Hércules” condizem com este tipo de perigos naturais.

A situação meteorológica na primeira dezena de dias em Janeiro foi assinalada pela passagem de sistemas frontais pelo território continental, no qual estes se encontram relacionados a depressões com processos de cavamento intenso. Além do mais, estes sistemas frontais possuem um carácter explosivo deslocando-se desde a costa leste da América do Norte até à Europa Ocidental (Miranda, 2014). Segundo este boletim meteorológico, devido à aproximação de sistemas frontais no território nacional, nos dias 1 a 3 e 6 a 8 de Janeiro, registou-se uma enorme nebulosidade com períodos de chuva intensa, sobretudo a norte de Portugal Continental. Relativamente ao vento, este detinha uma direção de sudoeste e uma intensidade fraca a moderada. No dia 4 do mesmo mês, a deslocação de uma superfície frontal

fria de forte atividade originou uma precipitação, por vezes, forte e a intensidade do vento foi moderada a forte, com rajadas de ordem de 100 km/h (Miranda, 2014).

Em suma, para uma melhor compreensão do panorama acerca da deslocação da tempestade, na presente área de estudo, foi necessário a aquisição e a compilação dos dados e, consecutivamente, o tratamento dos mesmos. Desta forma, foi possível ilustrar resultados com a finalidade de obter uma análise precisa e descritiva, como podemos observar na tabela 1.

Tabela 1: Dados e respetivas fontes utilizados.

Dados	Fontes
Temperatura (°C)	<i>Weather WunderGround - Estação Meteorológica da Leça da Palmeira</i>
Precipitação (mm)	<i>Weather WunderGround - Estação Meteorológica da Leça da Palmeira</i>
Pressão Atmosférica (hPa)	<i>Weather WunderGround - Estação Meteorológica da Leça da Palmeira</i>
Altura da Ondulação Significativa (Hm0)	<i>Instituto Hidrográfico Português (IH)</i>
Altura Ondulação Máxima (Hmax)	<i>Instituto Hidrográfico Português (IH)</i>
Período da Ondulação Médio (T02)	<i>Instituto Hidrográfico Português (IH)</i>
Período da Ondulação Máxima (Tmax)	<i>Instituto Hidrográfico Português (IH)</i>
Marés (m)	<i>Administração dos Portos do Douro e Leixões, SA (APDL)</i>
Situação Sinóptica	<i>www.wetterzentrale.de (Universidade de Berlim, Alemanha)</i>

3.2. Dados Atmosféricos

A passagem da tempestade supracitada na costa de Vila Nova de Gaia, foi caracterizada por uma forte precipitação, por variações repentinas na pressão atmosférica e, ainda, por ações dos ventos fortes e contínuos. Deste modo, originou-se uma sobrelevação do nível do mar, que se designa por *storm surge*. Esta intempérie coincidiu, tal como irá ser analisado e mencionado posteriormente, com as marés vivas, apresentando níveis elevados de descarga dos rios/ribeiros e estuários. Como mencionado anteriormente, os ventos sobre o Atlântico Ocidental impulsionaram as massas de água com uma grande energia contra as costas marítimas. Esta ocorrência auxiliou o desenvolvimento em altura da ondulação até atingir valores significativos, especialmente onde a morfologia costeira atua para canalizar as ondas.

Deste modo, constata-se pela figura 14, que os dias mais problemáticos foram os dias 4 e 6 de Janeiro de 2014. Ademais, podemos observar que os valores de temperatura do ar na atmosfera variam entre os 14°C a 16°C, sendo os mais altos da semana. No que diz respeito à pressão atmosférica, estes dias apresentaram uma descida repentina e valores elevados de precipitação. Em síntese, esta massa de ar instável caracterizou-se pela excessiva humidade e repentina queda da pressão atmosférica, provocando uma maior agitação marítima, ou seja, uma forte ondulação. Estes valores foram retirados da estação de Leça da Palmeira, que registou os dados de 8 em 8 minutos, ou seja, após a seleção, tratamento e análise de dados foi representado num gráfico em valores horários, visível na figura 14.

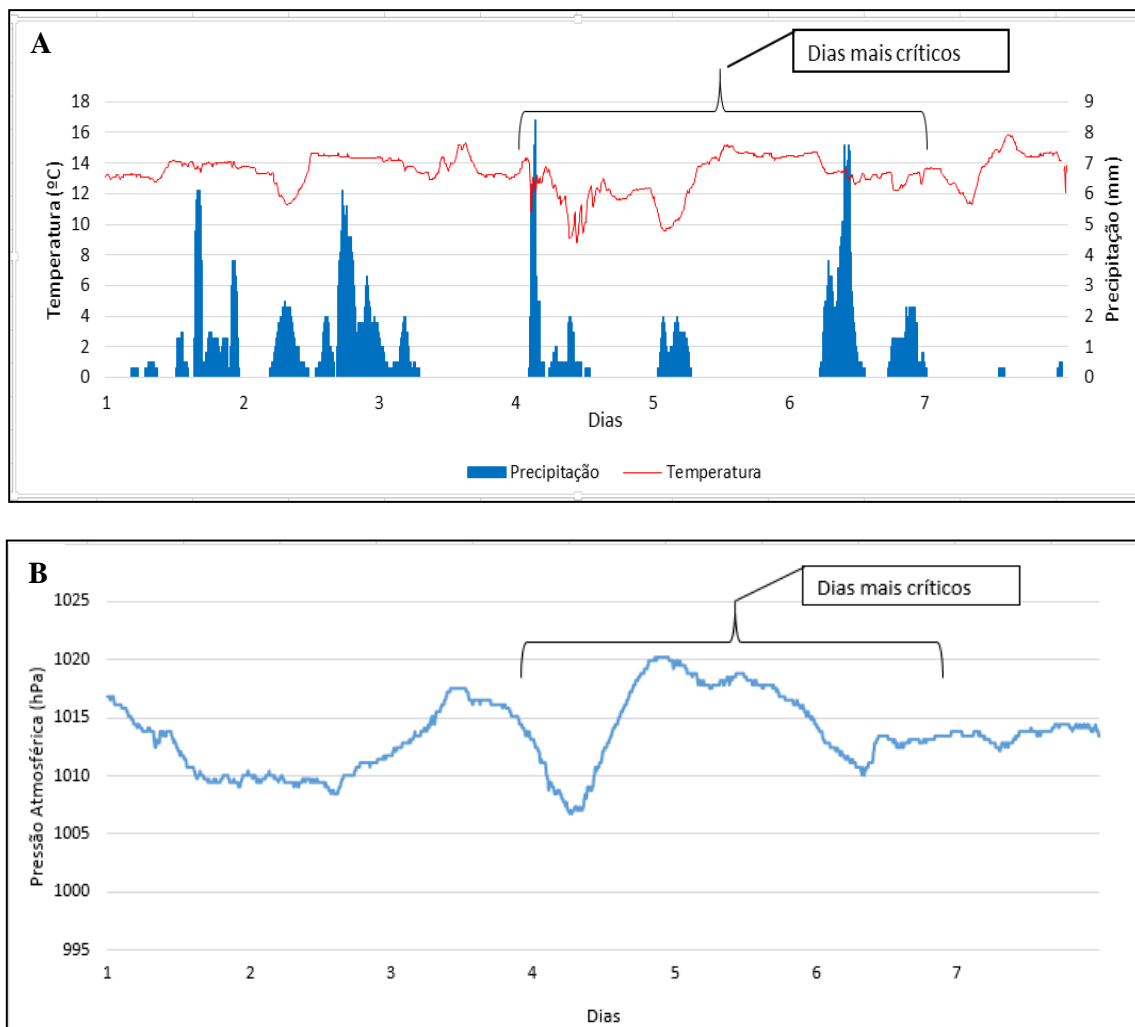


Figura 14: A) Temperatura e Precipitação na primeira semana de Janeiro de 2014; B) Pressão Atmosférica na primeira semana de Janeiro de 2014.

3.3. Situação Sinóptica

Ao observar as cartas sinópticas, ao longo da primeira dezena de Janeiro de 2014, constata-se que no dia 5 deste mês de 2014, o Atlântico Norte apresentava uma profunda depressão com um núcleo cerrado acima de 40° Norte, entre as longitudes de 0° a 40° Oeste. Esta depressão caracteriza-se por um sistema frontal oclusa com uma frente fria a oeste da Península Ibérica. Note-se que no centro da depressão, circunscrito em 50°N, 30°W a pressão na superfície foi inferior a 940 hPa. O sistema frontal ocluso associou-se a uma profunda disposição vertical com valores de vento que aumentavam, em conformidade com a altitude (Santos et al., 2014).

De salientar que Portugal apresentava-se num domínio de um cume de ondas curtas de alta pressão com advecção de ar quente. Na passagem de dia 5 para o dia 6 de Janeiro, toda a estrutura depressionária alterou-se para Norte-Nordeste, pois, anteriormente, a superfície frontal fria posicionava-se no norte e centro de Portugal. Aliás, o país estava sob o influxo do ar quente de Sudoeste e advecção positiva de vorticidade relativa. Porém, nos mesmos dias, existiu uma intensificação do vento. Na média troposfera, em 500 hPa, sobre Portugal, uma intensa advecção positiva de vorticidade relativa foi associada para intensidades de vento de 60 a 70 kt. A alta pressão que culminou no dia 5 de Janeiro foi localizado sobre Portugal, dois dias depois estava influenciando o Golfo de Génova, movendo-se a massa de ar frio para o norte de África (Santos et al., 2014).

No dia 7 de Janeiro, a superfície frontal fria, supramencionada, deslocou-se mais para o sul do território nacional, movendo-se de Noroeste para Sudeste. No dia seguinte, 8 de Janeiro, esta estrutura ciclónica estava na troposfera inferior, sob o Oceano Atlântico. Assim sendo, testemunhou-se uma crista de alta pressão de longo comprimento de onda entre 20°W e 40°W. Quanto ao vento, este estava fraco e movimentava-se para sul, sendo que uma nova superfície frontal agora estava influenciando o país a partir o NW. A tempestade de “Hércules”, no dia 8 de Janeiro, estava desvanecida por completo do território português. Porém, ainda permaneceu sob a influência de tempo chuvoso, embora não com a mesma intensidade dos dias anteriores. De forma geral, os dias 6 e 7 de Janeiro apresentaram os valores mais significativos, ocorrendo em simultâneo com período de marés altas.

A Figura 15 ilustra a medição de marés da tempestade de “Hércules”³, em Portugal continental, especificamente, na estação de Cascais e de Lagos. Frisa-se que existiu uma preferência por selecionar o conjunto de dados da estação de Cascais para a análise, em virtude da pouca fiabilidade dos dados da estação de Lagos. No que concerne aos dados da estação de Cascais, estes mostram que o nível máximo de água corresponde à maré alta do dia 6 de Janeiro às 18:40 e ao início da manhã de dia 7 de Janeiro. Estes dados clarificam ainda a existência de períodos longos de ondulação com cerca de 10 minutos, sendo observado também em eventos “*meteotsunami*” (Santos et al., 2014), não havendo registos na estação de leixões.

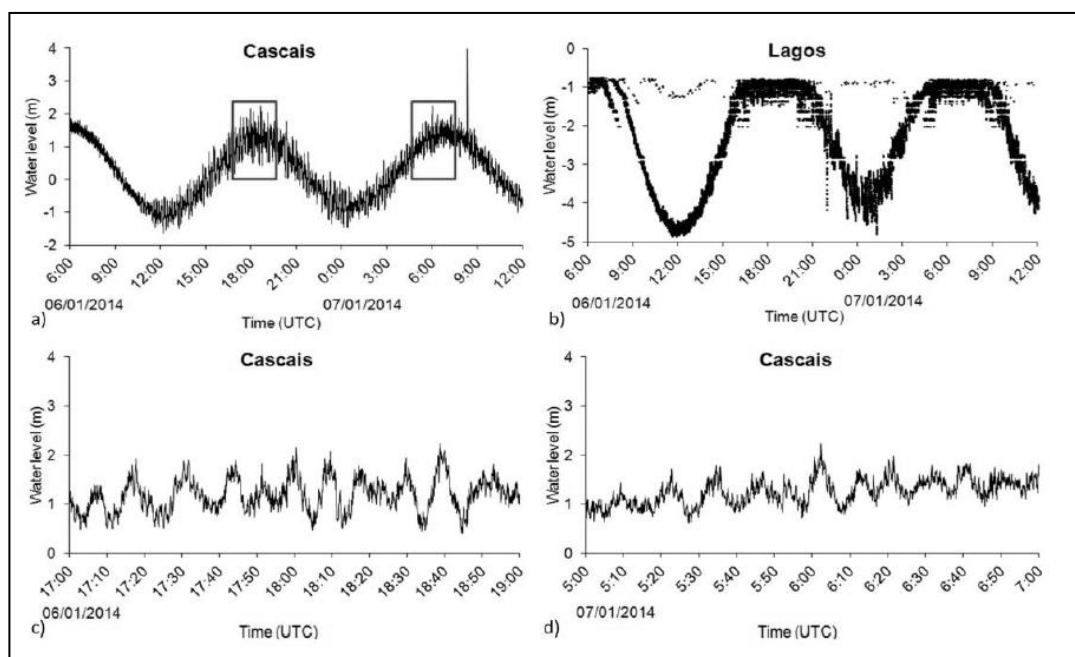


Figura 15: Medidor de maré gravações durante a tempestade de Hércules: um) Cascais; b) Lagos; c) e d) zoom de dados de Cascais: um segundo maré alta de 6 de Janeiro (c) e a primeira maré alta em 7 de Janeiro (d). Fonte: (Santos et al., 2014).

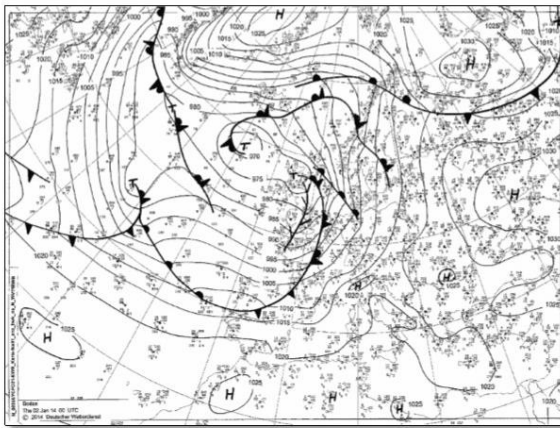
Além disso, durante a primeira semana de Janeiro de 2014, as isóbaras apresentam-se muito próximas umas das outras, o que forma um cavamento, implicando uma deslocação do centro de baixas pressões no território. Desta forma, surge uma grande instabilidade atmosférica, na qual caracteriza-se por valores elevados de precipitação, pela diminuição da pressão atmosférica e pela forte intensidade dos ventos.

³ <http://www.ioc-sea-level-monitoring.org/>. Acedido em Agosto de 2015.

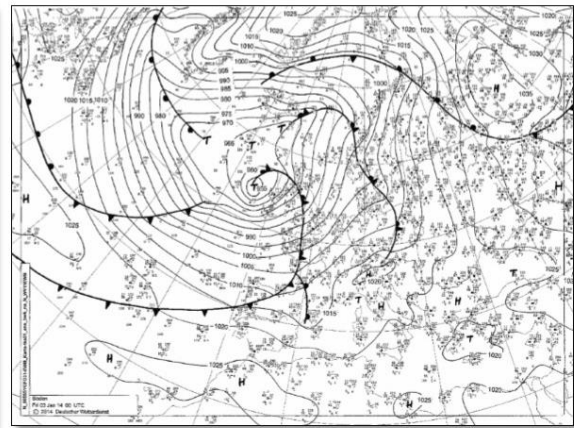
Enfatiza-se que sempre que a pressão atmosférica diminui 1hPa, o nível de águas do mar ascende 1 centímetro. Quando a pressão estiver abaixo do valor médio de 1013 milibares, origina a ascensão na atmosfera, onde o calor e a humidade dessa massa de ar transforma-se em nuvens e, conseqüentemente, em precipitação (Extreme weather, 2014).

Esta situação meteorológica cria imediatamente uma agitação nas massas de água, dado que, com a descida abrupta da pressão atmosférica existe uma menor pressão sob a água que, de imediato, contribui para uma ascensão das águas do mar. Além disso, se conjuntamente com isto, estiver associado uma precipitação intensa, fortes rajadas de ventos e em períodos de marés vivas é impulsionado uma grande quantidade de água para a área terrestre, tal como se sucedeu no caso de estudo.

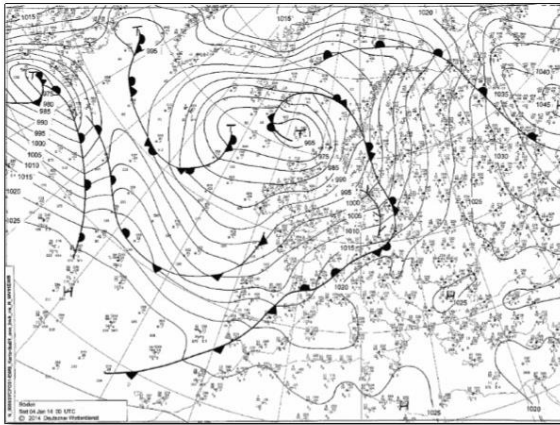
Na figura 16 pode-se observar, com maior exatidão, a evolução sinóptica desde o dia 2 até dia 7 de Janeiro de 2014.



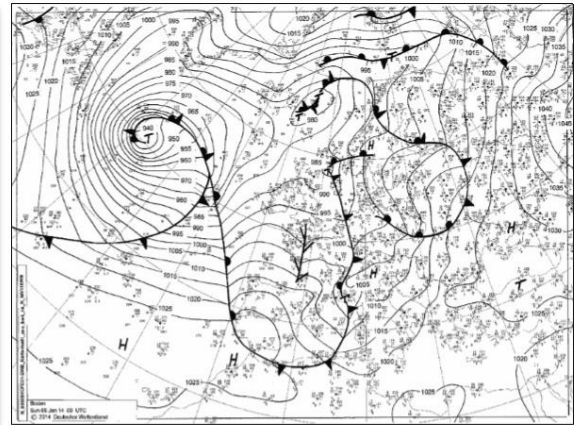
2 de Janeiro de 2014



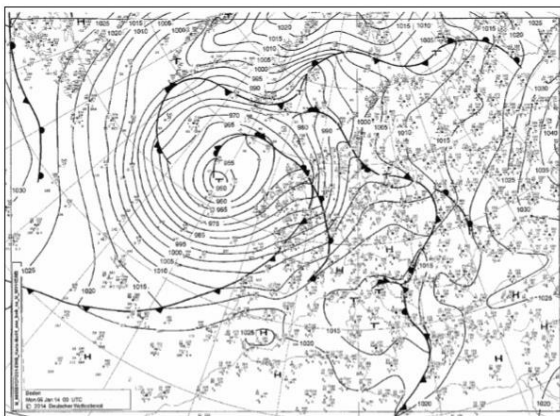
3 de Janeiro de 2014



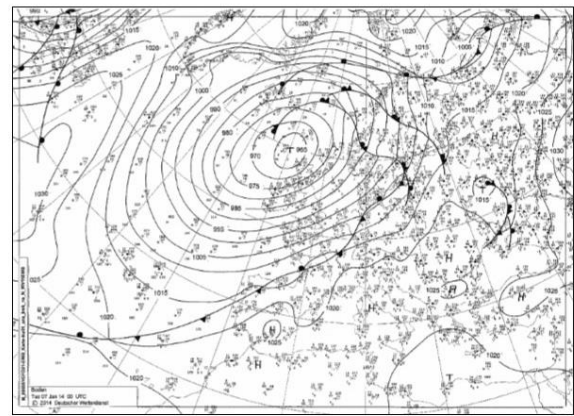
4 de Janeiro de 2014



5 de Janeiro de 2014



6 de Janeiro de 2014



7 de Janeiro de 2014

Figura 16: Cartas sinópticas entre 2 a 7 de Janeiro de 2014; Fonte: http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html

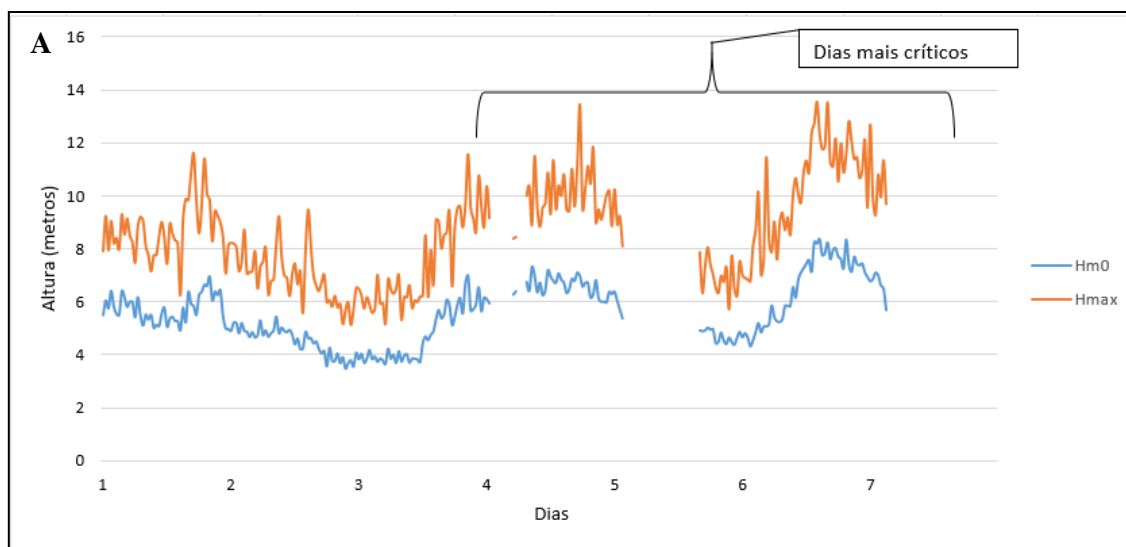
3.4. Dados Oceanográficos

Tal como mencionado, os dados oceanográficos foram fornecidos pela instituição da APDL, contendo informações sobre a precipitação, a temperatura, a pressão atmosférica e as marés.

Pode-se constatar na figura 17 que relativamente aos dias 4 e 5 de Janeiro de 2014 não foram registados os valores da ondulação. Considera-se que a intensidade da tempestade deve ter afetado o funcionamento da boia ondógrafo. Note-se que os dias que assinalaram uma maior altura da ondulação foram os dias 4 e 6 de Janeiro de 2014, com valores, aproximadamente de 14 metros (figura 17 A). Ademais, verifica-se a existência de vários picos de valores elevados de ondulação, contudo, normais para uma altura de Inverno (Coentrão, 08/01/2014).

No que se refere ao período da ondulação verifica-se que, principalmente, no dia 6 de Janeiro de 2014, os valores registados ultrapassam os 25 segundos, ou seja, existe uma duração bastante mais longa, comparativamente, aos temporais de outros Invernos, tal como demonstra a figura 17 B.

Deste modo, a combinação de alturas elevadas e períodos longo, favorecem uma invasão significativa do mar na faixa costeira, particularmente, em trechos de costa baixa e arenosa.



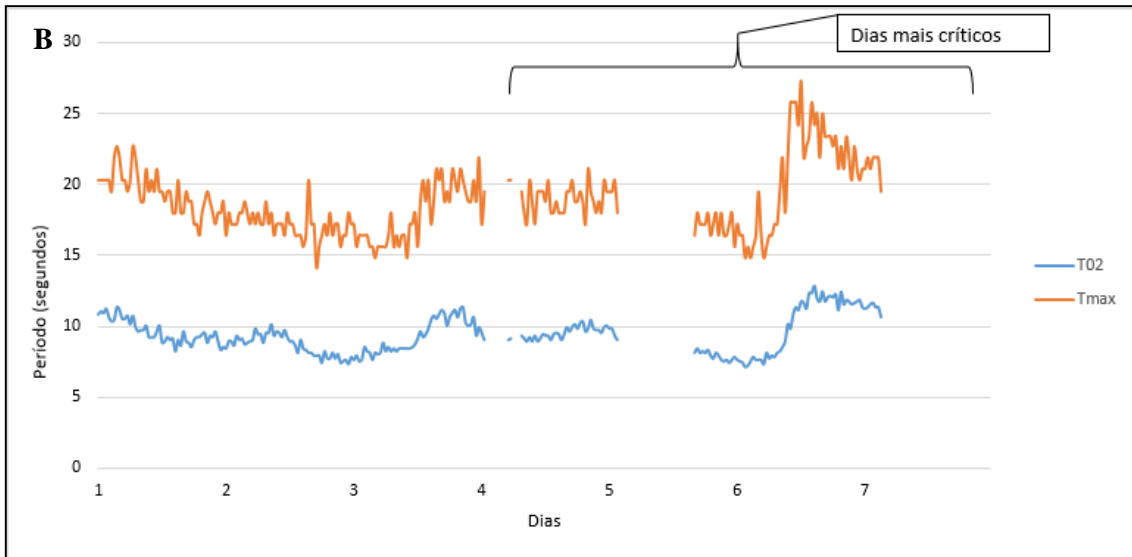


Figura 17: A) Altura da Ondulação em Janeiro de 2014; B) Período da ondulação em Janeiro de 2014. Fonte: APDL

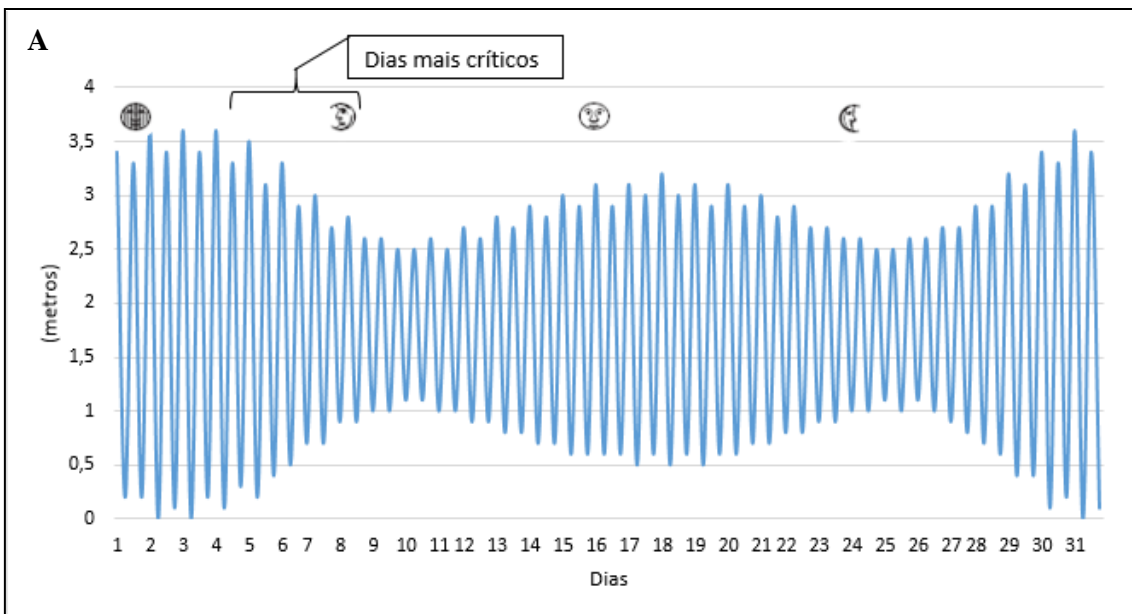


Figura 18: A) Marégrama de Janeiro de 2014; B) Fases da Lua

Capítulo 4 – Estragos do Temporais na linha de costa – Metodologia e Resultados

4.1. Metodologia e acontecimentos noticiosos sobre os estragos

A metodologia empregue consistiu nas observações dos danos quer em fotografias do evento, quer na confirmação de campo. Por fim, a pesquisa de relatos noticiosos e relatórios científicos foi muito importante para complementar no delineamento do limite máximo da invasão marinha.

O papel das narrações e testemunhos dos que estiveram presentes no momento instantâneo da ocorrência, usufrui de meios como vídeos, fotografias, relatórios no próprio local. Estes testemunhos reais são essenciais, pelo motivo de permitirem uma análise e abordagem vasta de um desastre natural (Rabinovich et al., 2009).

Numa segunda instância, outro método de estudo foi na observação direta ou indireta dos estragos realizados pela instabilidade atmosférica e oceânica. Em termos de visualização indireta foi realizado numa análise de imagens de satélite visualizadas em vários *softwares*, nomeadamente, no *Google Earth*, nos Ortofotomapas e no *Basemap*, uma extensão do *ArcGis 10.2.2*.

Por conseguinte, foi através da compilação de diversas fotografias relativas aos estragos e ilustrativas da invasão máxima dos galgamentos que se delimitou o limite do galgamento. Realça-se que, estas foram captadas através de deslocações presenciais, fazendo-se acompanhar por uma câmara fotográfica e um caderno de apontamentos. Para complementar estes métodos elaborou-se uma pesquisa de imagens publicadas nos meios de comunicação.

Deste modo foi essencial a observação e confirmação de vestígios amontados em certos locais através da visualização direta ou indireta, a fim de delimitar o galgamento através da vectorização de uma linha representativa do limite máximo de invasão pelos estragos.

Partindo da recolha de fotografias e das informações dos estragos, realizou-se uma delimitação da deslocação máxima da ondulação pelas praias. Desta forma, para compreender o avanço máximo das ondas e o efeito de modificação do território, executou-se a vectorização em “*polilyne*”, no *ArGis*, traçando uma linha, designada por limite máximo de estragos. Recapitulando, esta linha assinala a deslocação máxima das ondas através de vestígios visíveis,

tais como, os amontados de “lixos”, os pedaços de madeira do passadiço, as paliçadas, e outro tipo de materiais espalhados.

A criação da shape, a partir do *ArCatalog*, foi realizado em formato de linha para representar o máximo de estragos visíveis, o sistema de coordenadas utilizado foi o ETRS89 Portugal. A representação cartográfica teve de ser repartida por freguesias, devido à grande extensão da costa de Vila Nova de Gaia, assim obtém-se uma melhor e mais detalhada análise.

Após realizar os mapas temáticos a partir da representação da linha de invasão e das fotografias retiradas nos locais, sucedeu-se à análise de informações adicionais, designadamente, das notícias que relatam a explicação do acontecimento e os respetivos prejuízos, tendo como propósito, entender a consequência desta invasão na dinâmica territorial e social. Destaca-se que, a partir destes dados consegue-se prever a perigosidade que os locais detêm, bem como a probabilidade de ocorrência de invasões das águas do mar, perante uma conjuntura de maior agitação marítima.

O conceito de perigosidade que consiste numa “probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo” (Julião et al., 2009, p. 21). Sendo que, a possibilidade da ocorrência relacionada com a respetiva severidade localizada no tempo e no espaço (Alcántara-Ayala, 2002; Zêzere, Pereira, & Morgado, 2006).

Os elementos expostos articulados ao perigo, severidade e suscetibilidade desenvolvem conforme a perigosidade determinadas consequências ou danos. Note-se que, estes danos são calculados através do valor económico direto ou indireto (Julião et al., 2009), que no seu conjunto corresponde à vulnerabilidade.

Referente ao possível de dano do elemento em risco estimasse na extensão do dano decorrente, manifestado pelo número de pessoas ou pelo valor das propriedades e bens sob risco.

Muitas das notícias analisadas nos meios de comunicação referem, como já anteriormente referido no capítulo 2, a subida do nível do mar como um fator de grande impacto na erosão costeira. A nível global, há estudos que apontam para uma subida média de 28 a 82 centímetros, até ao final do século, tal como é mencionado pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas. Em termos nacionais o projeto Siam II – Alterações Climáticas em Portugal, Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação, sugerem que as ondas poderão chegar à

costa portuguesa com uma orientação ligeiramente diferente, agravando ainda mais a erosão, em 15% a 25% até ao final do século (Garcia, 09/01/2014). Visto que, esta intempérie obteve de uma situação muito específica portanto esta variação lenta, referida nos jornais, teve pouca relevância neste caso.

Seguindo este raciocínio, pode-se ainda elencar outra problemática nacional, nomeadamente, a crescente população urbana junto ao litoral, uma vez que este fator acarreta um maior número de elementos expostos à fúria do mar. Além disto, ressalta-se a pressão humana e a edificação do espaço urbano muito próximo da costa, não considerando muito uma perspectiva de consciencialização ambiental face a esta questão. (Delicado et al., 2012).

Atualmente, apesar de a população estar exposta à fúria marítima, o número de pessoas junto ao mar continua a aumentar. Visto que, entre 2001 e 2011, a habitantes das freguesias do país que confinam com o mar aumentou 10%, segundo o estudo Mudanças Climáticas, Costeiras e Sociais, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Delicado et al., 2012).

Referente à intensidade do vento, algumas fontes noticiosas e relatórios, indicam que a deslocação das massas de ar, ao percorrer o oceano Atlântico, transportam uma força colossal em vagas contínuas de mau tempo, sobretudo nos meses de Outubro a Março. No que concerne ao perfil de praia em período de Verão, esta apresenta-se com uma inclinação bastante mais reduzida e a quebra das ondas são efetuadas mais longe da costa, dissipando-se a sua energia mais longe. No Inverno, esta ondulação é bastante mais forte, inclinada e a rebentação da ondulação localiza-se próximo ao areal das praias, em ondas do tipo “colapsante”, contribuindo para uma maior quantidade de sedimentos transportados das praias para alto mar, originando formas como fundões e barras (Garcia & Soldado, 22/12/2013).

Em Portugal, mais concretamente, em 2014, a passagem da tempestade na zona costeira implicou um impacto forte e violento sobre esta área, havendo episódios de galgamentos que invadiram as estradas e vias públicas. Em certos momentos em que agitação marítima era elevada, em que a ondulação se aproximou das estradas, feriram-se alguns populares que deslocavam-se nesse momento e foram destruídos bens, como é o exemplo de viaturas arrastadas pelas águas (Garcia & Soldado, 22/12/2013).

De acordo com as declarações ao Jornal Público (Coentrão, 08/01/2014) pelo professor Veloso Gomes (2014), as causas que contribuíram para os avultados danos e significativos galgamentos correspondem à associação entre alturas de ondas muito elevadas com períodos de

ondulação bem mais longos que noutros episódios de intempéries, cavalgando sobre o mar com um nível de água um metro, metro e meio, acima do previsto.

A direção da ondulação apresenta-se de Noroeste para Sudeste, porém quando se aproxima da costa a direção torna-se mais para Este. Contribuindo assim, para um maior impacto nas infraestruturas que localizam-se junto da praia (Coentrão, 08/01/ 2014).

Em termos de período da ondulação no Inverno, Veloso Gomes (2014) menciona que este ronda os 10 a 12 segundos. Porém, no inverno de 2013/14 os valores registados foram superiores a 25 segundos, representando mais do dobro do que o habitual, o que contribuiu para o desenvolvimento do processo do *run up*. Para além deste acontecimento de maré meteorológica induz a uma deslocação das massas de água de talhe horizontal pela praia. Sucedendo-se assim, ao galgamento de infraestruturas de defesa/proteção costeira, de muros e de outras construções. Deste modo, surge “um empilhamento da massa de água junto á costa”.

Note-se que, os especialistas alertam para ocorrência destas tempestades numa periodicidade larga. Todavia, a intensidade destes estragos são avultados. Partindo da análise da notícia expressa no Jornal de Notícias, um estabelecimento escolar do ensino básico, situado na freguesia de Valadares, foi evacuado como forma de prevenção de modo a evitar maiores danos. Importa salientar que, esta escola se localiza adjacente à praia. Por isso, possuía indícios de destruição do passadiço que se encontrava junto à escola. Apesar do alarme e do encerramento, não houve registo de pessoas feridas, até à data supracitada (Notícias, 07/01/2014).

4.2. Interpretação das fotografias e mapas das linhas de Invasão sobre a linha de costa

A costa de Vila Nova de Gaia desempenha uma enorme relevância estratégica em vários âmbitos como ambientais, económicos, sociais, culturais e lazer (Neves et al., 2013). Porém, esta depara-se com uma série de riscos naturais que resultam de diversos tipos de perigosidades, nomeadamente, a erosão costeira, a inundação de margens, o galgamento do sistema dunar.

O processo designado por *Run Up*, segundo Revista de Gestão Costeira Integrada (s/d) refere-se ao nível alcançado pela água na praia depois da rebentação e que, habitualmente, é superior à altura da onda. Assim o “*run up*” diz respeito ao distanciamento vertical entre o ponto mais elevado obtido pelo espraio da onda e o nível médio do mar nesse instante.

Esta deslocação das águas do mar ao longo da superfície costeira associa-se ao processo de galgamento marítimo, ou em inglês *Washover*, ou seja, o ponto de deslocamento de uma determinada massa de água que invade a superfície terrestre, destruindo (ou não) parte do cordão dunar. Muitos dos estudos relacionados aos efeitos dos galgamentos, focalizam-se, principalmente, nas barreiras arenosas do que em barreiras de cascalho (Matias et al., 2010). Para a compreensão do galgamento marítimo, necessita-se de uma observação direta da bóia ondógrafo de Leixões, registando os valores do regime de agitação marítima, nomeadamente, o período da onda, a altura máxima e o tipo de marés.

O galgamento dos sistemas dunares ocorre segundo a inter-relação de três fatores, sendo estes o elevado nível de praia-mar, a elevada sobrelevação das águas do mar, e a forte agitação marítima (Sancho et al., 2011). Mediante o tipo de costa a ondulação possui procedimentos distintos, numa praia arenosa as ondas têm uma maior probabilidade de deslocação e progressão para o interior da zona de costa. Já numa praia rochosa, devido aos obstáculos que se depara, não existe uma grande deslocação sobre o território, mas em termos de altura da onda apresenta valores elevados.

O indicativo do declive da praia também determina a forma de galgamento, pois quanto maior for o declive da praia, maior é a probabilidade da quebra da onda na costa e os sedimentos são menos regulares e menos arrastados (Neves et al., 2013).

Como auxílio do Relatório Nacional de Ocorrências de Janeiro de 2014 (Pinto, 2014) e das fotografias retiradas após esta tempestade fez-se a análise, os estragos provocados pela intempérie.

Os passadiços, em toda a sua extensão (18 quilómetros), têm sido ameaçados pela forte agitação marítima e consecutivo avanço do mar, havendo inúmeros relatos que esta infraestrutura já foi substituída e até mesmo recuada, em anos anteriores à tempestade. Segundo algumas notícias, as praias entre a Granja e Espinho, nomeadamente, a praia de Boca Mar, as águas do mar têm avançado de tal ordem que os trabalhos determinados pela entidade do Parque Biológico na renovação do passadiço estão constantemente a serem adiados, considerando já ameaças de destruição os troços já renovados.

Estes diversos estudos e políticas de proteção da costa devem-se ao facto desta área, a sul do rio Douro, caracterizar-se por uma vulnerabilidade da erosão costeira e da destruição de equipamentos. Tem-se vindo a assolar nos últimos invernos com maior intensidade de agitação marítima. A política dos sistemas de regeneração dunar veio a comprovar algumas vantagens

em relação a obras pesadas. Os passadiços e paliçadas em madeira continuam a ser uma das prioridades de investir na defesa das praias.

Segundo o relatório do “Registo das ocorrências no litoral - Temporal de 3 a 7 de Janeiro de 2014”(Pinto, 2014), na área de intervenção da ARH Norte, os danos com maior relevância verificavam-se em passadiços de acessos às praias, na destruição dos sistemas de proteção dunar, em equipamentos de apoio às praias e alguns casos de infraestruturas de proteção costeira. De salientar que Vila Nova de Gaia foi um dos concelhos mais afetados na região a norte do país, com a passagem deste temporal (Pinto, 2014).

Numa análise global, na figura 9 verifica-se que houve uma invasão por todo o território em estudo, nos quais as freguesias onde o efeito de *run up* obteve maior foram sobretudo nas freguesias a norte do concelho como: Canidelo, Madalena e algumas partes de Valadares e Arcozelo, já a freguesia que teve um menor impacto foi a de São Félix da Marinha. Na figura 19 observa-se que em alguns locais não se delimitou uma linha máxima de estragos devido á falta de informação e de fotografias, de forma a obter/retirar conclusões.



Figura 19: Representação do limite do máximo do limite de estragos após a passagem de “Hercules”.



Figura 20: Fotografias retiradas no terreno, dias após a intempérie, na freguesia de Canidelo.

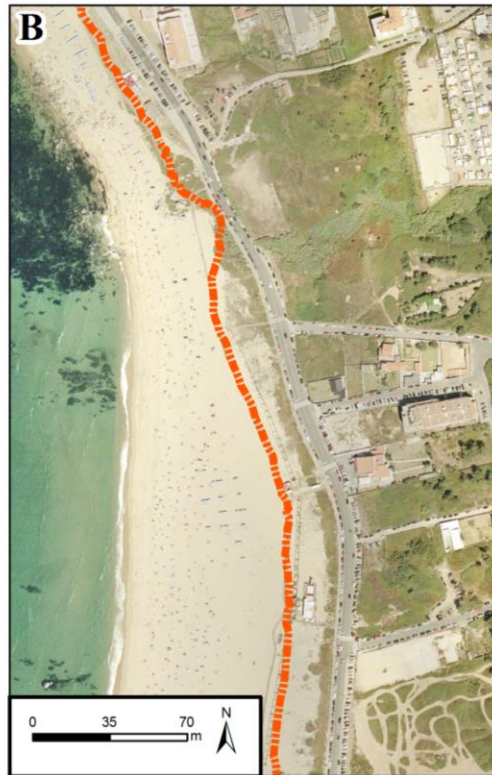
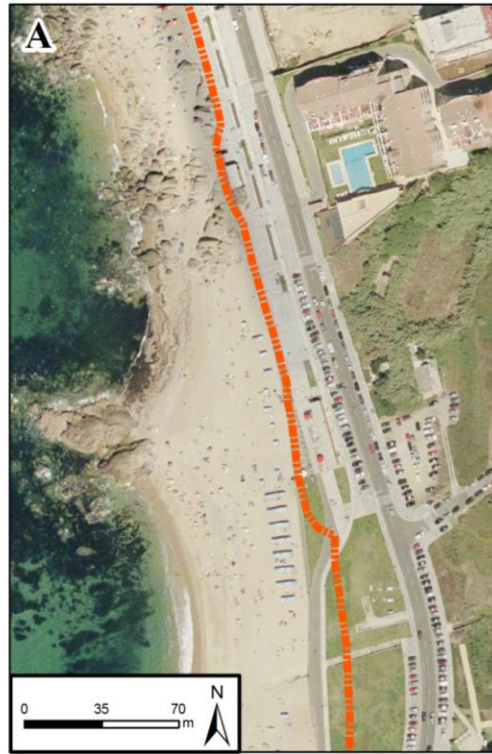
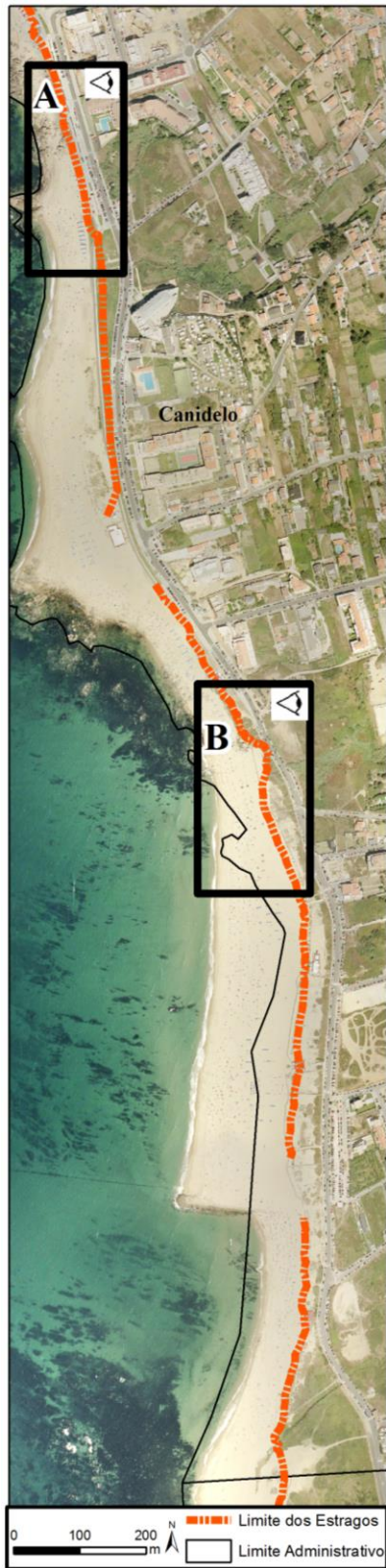


Figura 21: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Canidelo.

Através da análise das figuras 20 e 21 verifica-se que entre as praias de Lavadores e Salgueiros existem inúmeras infraestruturas danificadas, nomeadamente:

- a) o acesso à praia, localizado a norte do apoio da praia de Pedras Amarelas;
- b) a escadaria de granito de acesso à praia de Lavadores, uma vez que alguns dos degraus de granito foram arrancados da estrutura de betão e o gradeamento em aço inox padeceu estragos consideráveis;
- c) rampas de acesso, situado a sul do bar Pedras Amarelas;
- d) o passeio da marginal, que segundo este mesmo relatório, a sul da ribeira de Lavadores, coloca em perigo uma conduta elevatória;
- e) uma enorme quantidade de detritos no parque infantil;
- f) sistemas de proteção e regeneração dunar numa grande parte do troço;
- g) todos os acessos ao areal, sendo que, em alguns locais, as águas do mar arrastou e destruiu o passadiço.

Deste modo, após a análise efetuada dos estragos no litoral da freguesia de Canidelo, averigua-se variadas infraestruturas danificadas. Importa salientar que, em consequência destes danos, o funcionamento do quotidiano mostrava-se disfuncional, uma vez que vários acessos às praias encontravam-se encerrados e diversos destroços acumulados pela marginal. Existindo, inclusive, avisos de informação e precaução da passagem dos cidadãos para a praia.

Deslocando-se mais para sul, entre o troço de praias de Salgueiros e Madalena os prejuízos foram inúmeros, tendo como principais danos os seguintes:

- a) os passadiços localizados perto do Bar Offshore foram totalmente destruídos, inclusive a ponte sobre a linha de água. Note-se que nesta faixa, os sistemas de proteção e regeneração dunar foram destruídos em cerca 80% da linha de costa;
- b) o passadiço, situado a sul do paredão, foi arrastado em cerca de 150m;
- c) os sistemas de proteção e regeneração dunar e as plataformas de chuveiros balneares;
- d) uma grande quantidade de detritos na ciclovia;
- e) as passagens de ribeiros, como por exemplo, a travessia da ribeira de Canide, bem como 80% do passadiço entre esta ribeira e a de Anteães;
- f) a travessia da ribeira de Ateães e dos respetivos sistemas de proteção e regeneração;
- g) a travessia da ribeira da Madalena, o passadiço e as pontes adjacente ao restaurante Da Salvatore, sendo que os sistemas de proteção e regeneração dunar foram destruídos em cerca de 100 metros.



Figura 22: Fotografias retiradas na freguesia da Madalena, dias após a passagem da tempestade.

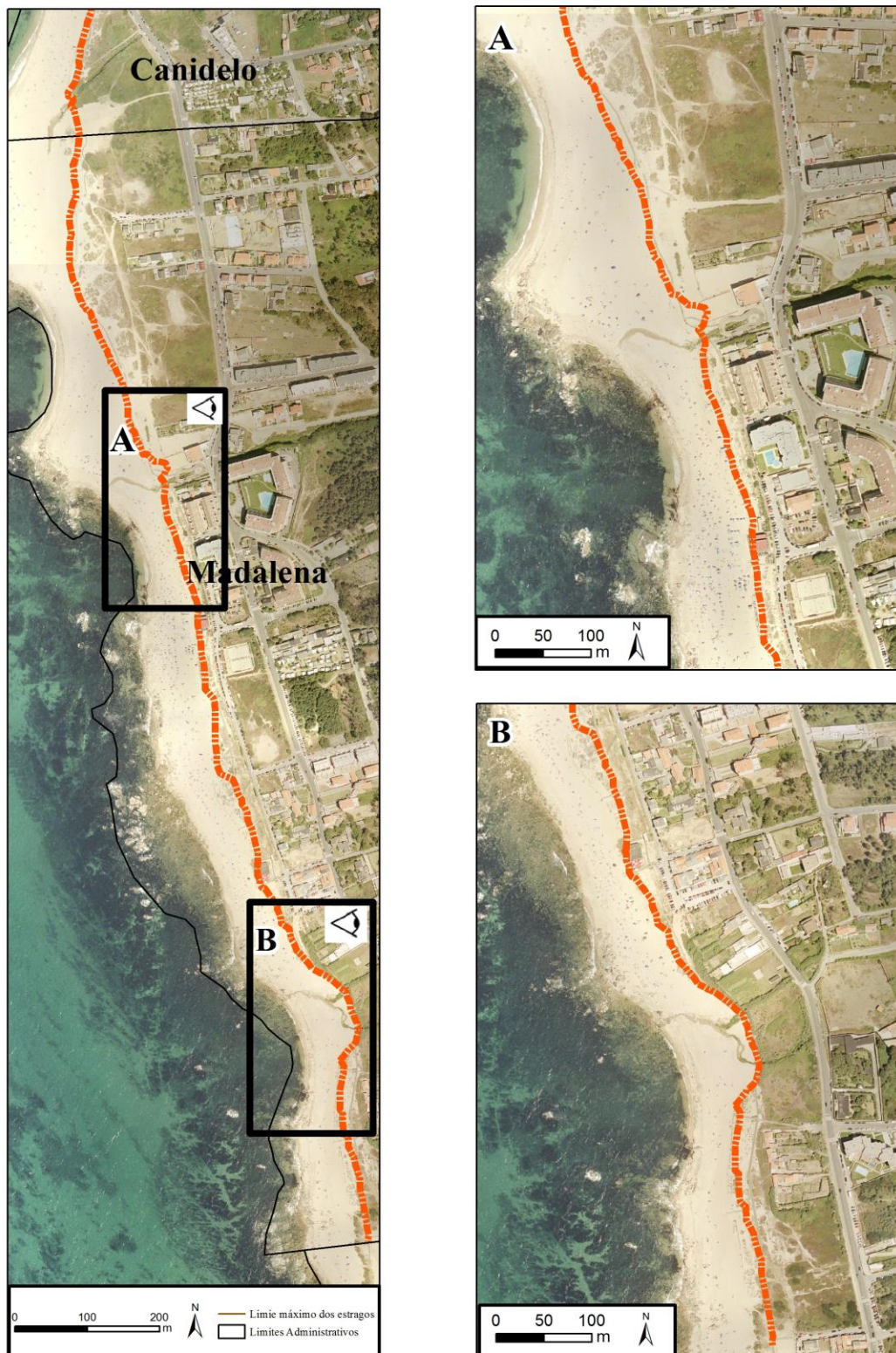


Figura 23: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Madalena.

No que concerne ao troço entre as praias da Madalena e Francelos, verificou-se também vários estragos ao longo da marginal, sendo estes:

- a) as dunas destruídas com extensão total de 150 metros;
- b) os acessos ao areal;
- c) os passadiços e os respetivos sistemas de proteção dunar da maioria das praia de Valadares;
- d) restrições na circulação rodoviária na foz da ribeira de Valverde, em Valadares, uma vez que o mar alcançou o arruamento carregando enormes quantidades de detritos e areias;
- e) a travessia, o passadiço e da ciclovia da praia de Valadares;
- f) perda considerável do areal, destruição dos sistemas de regeneração e, respetivas, dunas na área da Praia do Atlântico.

Assim sendo, ao analisar as fotografias (figura 22) e o mapa dos limites máximos dos estragos (figura 23) constata-se que os danos da freguesia da Madalena foram avultados. Sendo que as travessias de ribeiros, acessos à praia e passadiços os equipamentos mais danificados. No que toca às travessias de cursos de água, estes surgiram destruídos devido ao galgamento das águas do mar. Quanto aos ribeiros, estes detêm enormes quantidades de água que podem causar o processo de transbordo para as margens do mesmo.



Figura 24: Fotografias da União das Freguesias de Gulpilhares e Valadares, após a tempestade “Hercules”.

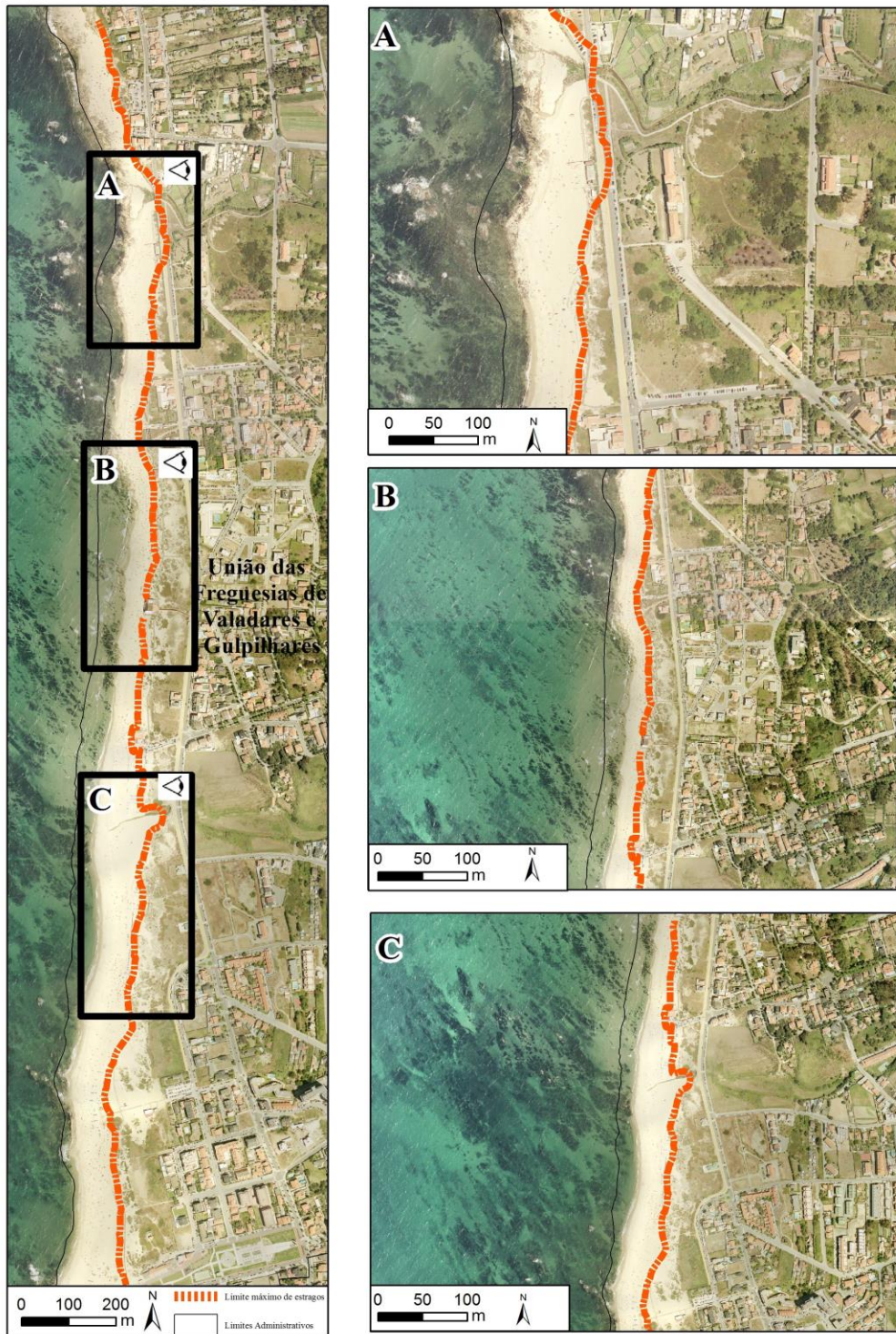


Figura 25: Limite máximo da linha de estragos na União de freguesias de Gulpilhares e Valadares.

Relativamente ao troço entre as praias de Francelos e Miramar, verificaram-se alguns estragos, nomeadamente:

a) evacuação da escola Básica de Valadares localizada perto da praia, estando exposta a invasão das águas do mar;

b) invasão das águas do mar sobre a marginal rodoviária, em Valadares, levando ao amontoados de destroços pelo galgamento marítimo;

c) amontoados dos destroços perto de muitos dos bares localizados ao longo deste segmento;

d) o passadiço na parte sul da ribeira de Canelas que foi deslocado pelo mar;

e) o passadiço e os acessos às praia na área do Senhor da Pedra e Miramar, mostrando uma destruição generalizada.

Quanto ao segmento entre as praias de Miramar e Aguda, averiguou-se também alguns prejuízos, tendo sido registado os seguintes:

a) o passadiço localizado perto do Clube de Golfe de Miramar;

b) os sistemas de regeneração dunar e a travessia da linha de água situados perto da praia de Neptuno.

Nota-se que, as aléneas elencadas podem ser confirmadas através da observação das figuras 25, 26, 27.

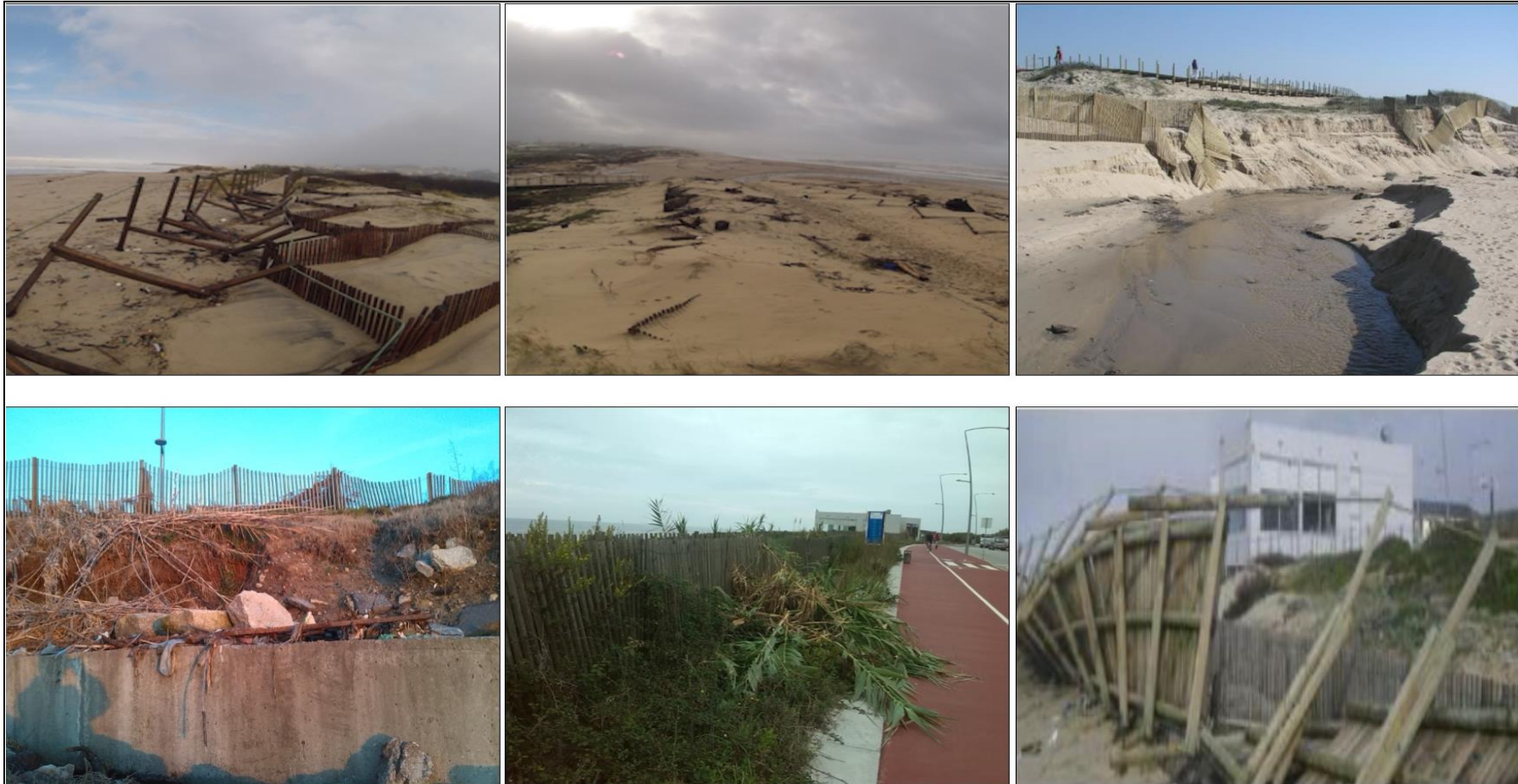


Figura 26: Fotografias dos estragos na freguesia de Arcozelo, após a intempérie de Janeiro de 2014.

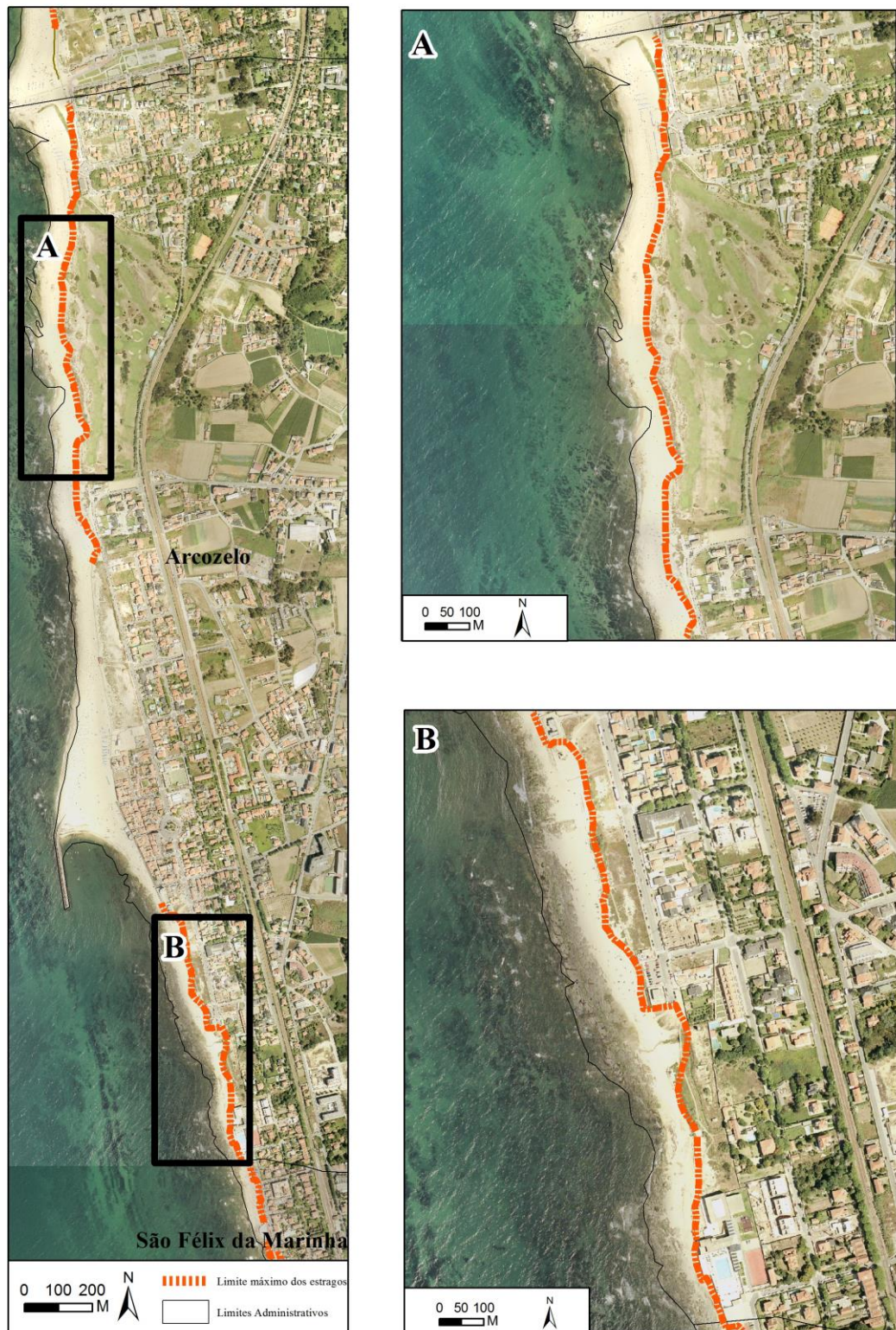


Figura 27: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de Arcozelo.

No que concerne ao segmento entre as praias de Aguda e São Félix da Marinha registou-se as seguintes ocorrências, visíveis nas figuras 28 e 29:

a) destruição da travessia da ribeira do Pego, sendo que os destroços do mesmo deslocaram-se para a sua envolvência.

b) destruição da travessia da ribeira do Juncal e as respetivas plataformas anexadas;

c) degradação da estrutura da piscina da Granja, tendo ficado com os alicerces à vista derivado ao arrastamento da areia, ficando mais expostos e vulneráveis à força das massas da água do mar. Apesar desta situação, não existiu perigo de derrocada e de imediato foram efetuadas obras de reparação.

d) destruição de passadiços, acessos e apoios de praias;

e) danificação do sistema de regeneração dunar, nomeadamente, as paliçadas colocadas para a proteção e fomento das dunas.



Figura 28: Fotografias dos estragos na freguesia de São Félix da Marinha, após a intempérie de Janeiro de 2014.

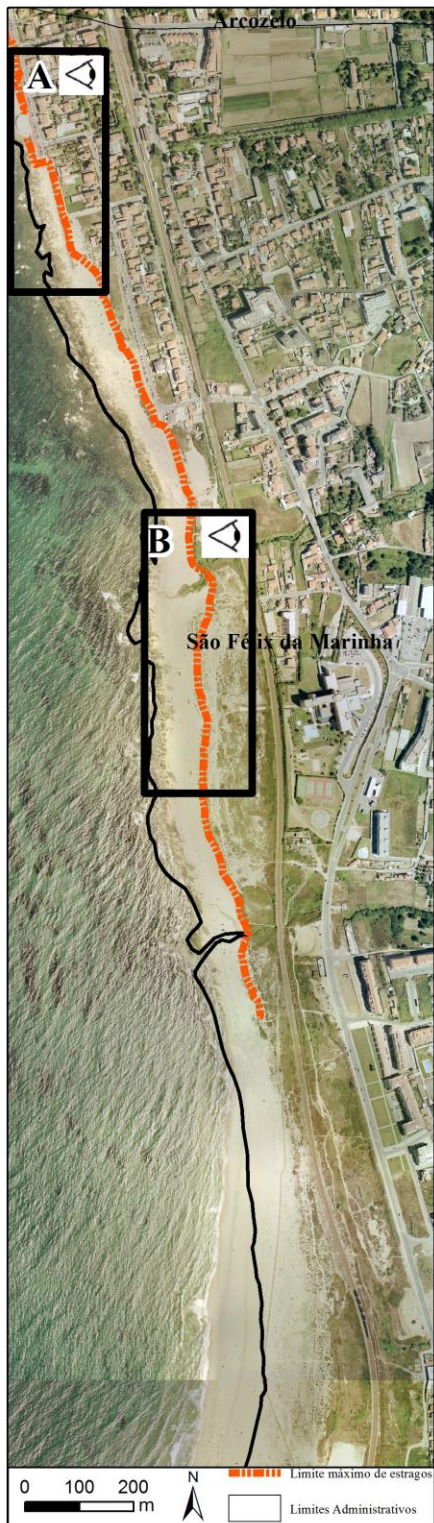


Figura 29: Limite máximo da linha de estragos na freguesia de São Félix da Marinha.

4.3. Medidas, Tipologia dos estragos e Propostas futuras

Os passadiços de madeira constituíram as infraestruturas mais afetadas pela tempestade. Aliás, fazendo a ligação desde Lavadores (Canidelo) até a fronteira concelhia de Espinho, foram destruídos em cerca de 47% do total, ou seja, quase metade do corredor de passadiços foi totalmente danificado, sendo que em alguns dos locais a destruição foi inferior a outros, tal como se pode observar na figura 30.

Face a esta destruição, foi investido cerca de 700 mil euros na reconstrução dos passadiços. Contudo, é necessário manter-se em estado alerta acerca da possibilidade de uma nova intempérie, uma vez que muitas das áreas continuam em risco de galgamento e estrago (JN, 2014). Em termos de investimento, segundo dados retirados do Jornal de Notícias, grande parte do investimento para a recuperação, advém de financiamento por parte do estado português, sendo que apenas uma pequena percentagem corresponde às instituições responsáveis, tal como ilustrado na figura 30 C.

Deste modo, a Câmara municipal de Vila Nova de Gaia solicitou fundos ao Programa Operacional do Norte de 40% e da Proteção de Recursos Hídricos de 45%. Representando assim, num total de cerca de 2,12 milhões de euros e cerca de 375 mil euros foram sustentados pela Câmara e a Empresa Municipal Águas de Gaia (JN, 2014).



Figura 30:A) Fotografias que ilustram os danos. B) Gráfico sobre a quantidade de estragos no passadiço. C) Gráfico das entidades responsáveis de apoio de financiamento. Fonte:(Pimenta,

19/02/2014).

Para além dos passadiços, de acordo com a observação de campo realizada e o relatório de levantamento de ocorrências do Temporal em 2014, os principais danos verificados foram: nos acessos à praia; nos sistemas de proteção dunar como, por exemplo, as dunas e as paliçadas; nos equipamentos/apoios de praia; e nas infraestruturas de proteção/defesa costeira. É de salientar que a área mais a norte do concelho em estudo apresenta uma maior vulnerabilidade à exposição de galgamentos. De uma forma mais sintetizada, os equipamentos e infraestruturas afetadas por este temporal foram os representados na figura 31.

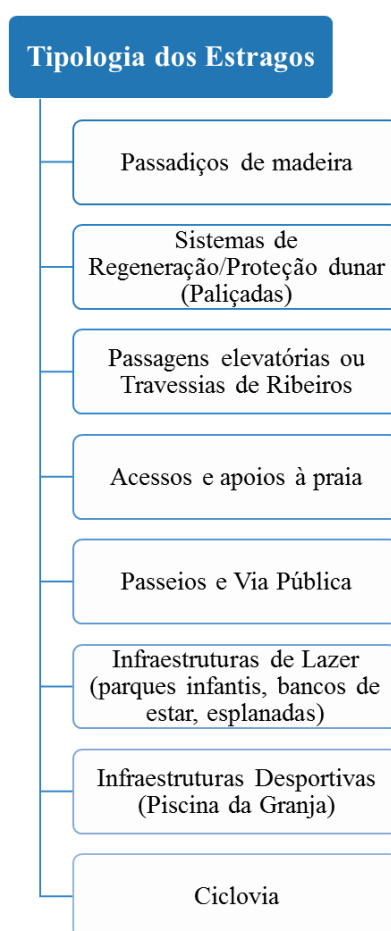


Figura 31: Tipos de estragos efetuadas após a passagem da Intempérie.

Na figura 32 pode-se averiguar o número de infraestruturas afetadas consoante as freguesias de Vila Nova de Gaia. Deste modo, as freguesias de Canidelo, Madalena, Valadares e Arcozelo apresentam uma maior frequência de danos e a freguesia de São Felix da Marinha evidencia uma menor frequência de estragos. Quando às infraestruturas com maior frequência de relatos, estas foram os passadiços de madeira, os sistemas de regeneração/proteção dunar, os acessos e apoios à praia e as passagens elevatórias/travessias de ribeiros, enquanto as infraestruturas com menor frequência de relatos foram os postos de iluminação e as infraestruturas desportivas como, por exemplo, a piscina da Granja.

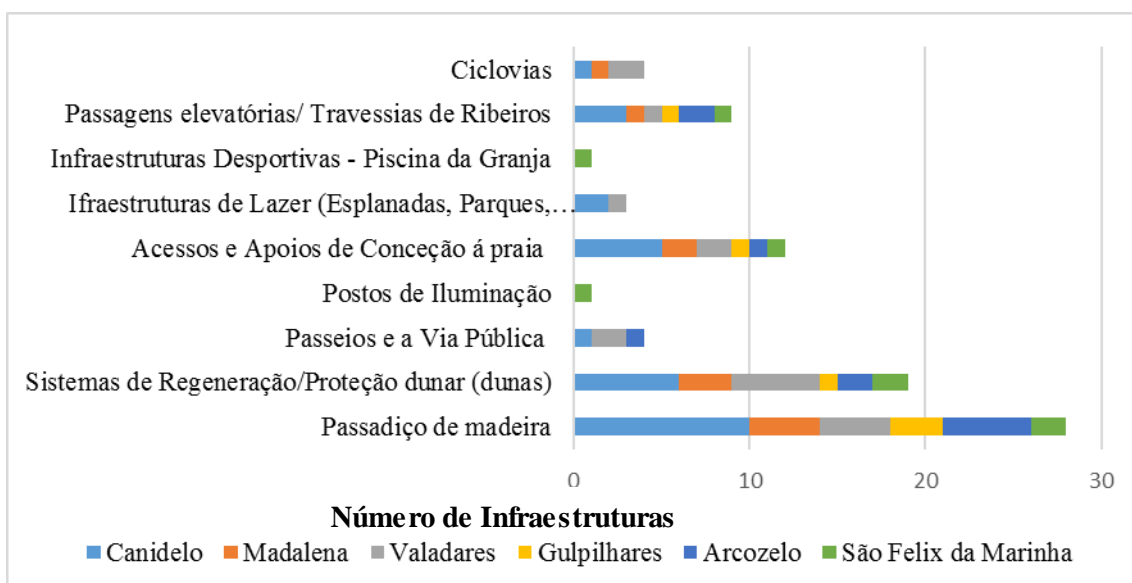


Figura 32: Número de Infraestruturas afetadas consoante as freguesias de Vila Nova de Gaia.

As infraestruturas mais afetadas foram os passadiços, cerca de sete quilómetros de destruição; as paliçadas de madeira, também cerca de sete quilómetros; sistemas de regeneração/proteção dunar; as travessias/passagens nas ribeiras e Apoios e Acessos de praias foram quase todos danificados. No que corresponde às zonas com um maior número avultado foram: entre Lavadores e Salgueiros, Francelos e entre Aguda e Miramar.

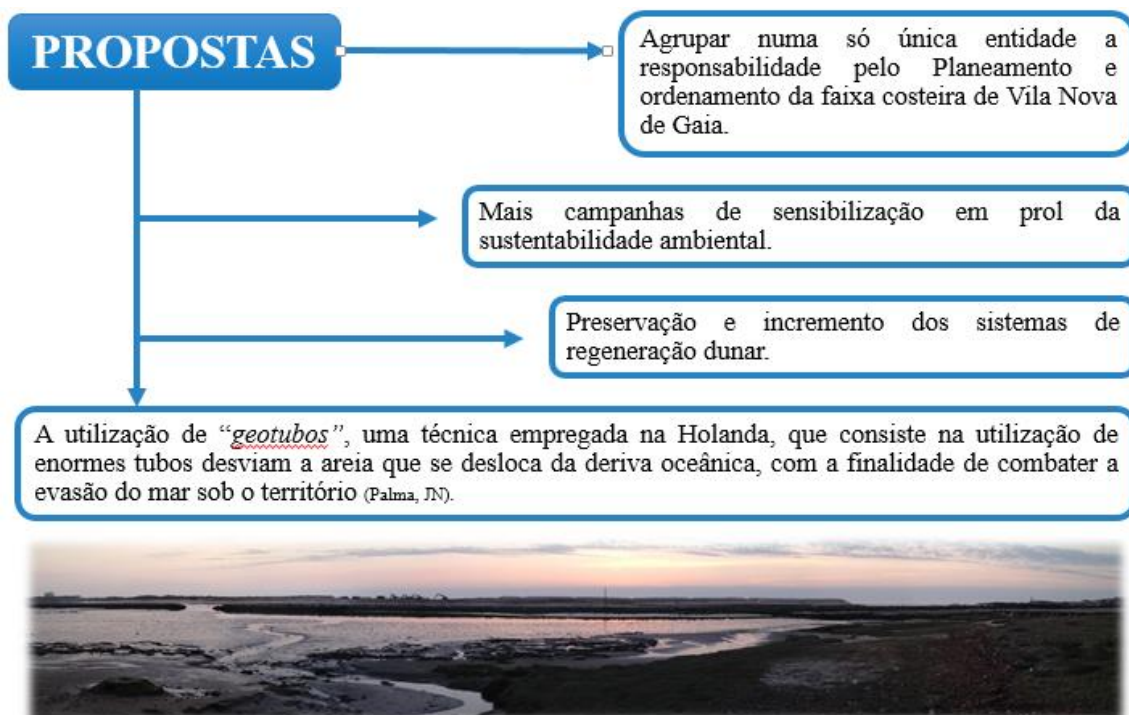


Figura 33: Propostas futuras para mitigar o desenvolvimento da erosão costeira. Ilustração de Geotubos, em Ovar.

Considerações finais

O concelho de Vila Nova de Gaia defronta-se com o problema da erosão costeira e consecutivos recuos da linha de costa, o que tem vindo a agravar-se nas últimas décadas. Os fatores que contribuem para a erosão são diversos, dividindo-se em dois grandes grupos, os que se ligam às atividades antrópicas e à dimensão natural. No que concerne aos fatores humanos, estes referem-se à construção de barragens que impedem a livre circulação de sedimentos do rio Douro e à construção de obras de proteção que alteram a circulação e a deriva litoral. Salienta-se que o rio Douro é a principal fonte do abastecimento dos sedimentos para as praias a sul da foz deste rio. Relativamente aos fatores naturais, estes referem-se aos agentes erosivos, nomeadamente, à ondulação, ao vento e às condições atmosféricas que se refletem de no estado de agitação marítima.

A tempestade “Hercules” (2014) caracterizou-se por uma forte instabilidade atmosférica, ou seja, por precipitações intensas, por rajadas de vento muito forte e por uma variação repentina da pressão atmosférica, contribuindo de forma rápida para uma intensa agitação marítima e, consequentes, galgamentos costeiros. A deslocação desta intempérie sobre a costa continental de Portugal correspondeu aos primeiros sete dias do mês de Janeiro de 2014. Os dias mais críticos de ondulação foram os dias 4 e 6 de Janeiro de 2014, onde a altura máxima das ondas rondou, aproximadamente, os 14 metros, com um período máximo da onda a ultrapassar os 25 segundos. No que se refere às marés, verificou-se que os dias em questão correspondiam ao período de marés preia-mar. Estes eventos meteorológicos contribuem para uma sobrelevação das águas do mar, ou seja, estas enormes quantidades de água invadiram o território costeiro, apresentando valores superiores aos níveis de maré alta, a este processo está associado o termo *storm surge*.

A conjugação destas condições favoreceram o impacto do *run up*, i.e., a sucessiva deslocação da onda sobre o areal e área terrestre adjacente. Desta forma, deram-se os galgamentos costeiros que provocaram enormes danos nas infraestruturas próximas à costa. Decorrente desta situação no litoral de Vila Nova de Gaia, vários equipamentos foram destruídos, principalmente, os passadiços de madeira, os sistemas de regeneração dunar, os acessos e apoios de praia e as travessias sobre ribeiros. Quanto às freguesias que obtiveram um maior número de prejuízos foram Canidelo, Madalena, Valadares e Arcozelo, sendo a freguesia de São Félix da Marinha apresentada como a que sofreu menos danos.

A passagem desta tempestade veio demonstrar as fragilidades que a costa de Vila Nova de Gaia detém, ao estar exposta a galgamentos costeiros. Deste modo, é necessário refletir acerca de soluções para um melhoramento das ações e políticas empregues no ordenamento do território e na mitigação definitiva destes problemas.

No que diz respeito à evolução da linha de costa, entre os anos 2003 a 2012, verifica-se que as freguesias a norte do concelho apresentam um maior *deficit* de sedimentos e, conseqüentemente, um recuo da linha de costa. Note-se que a análise comparativa ao longo dos anos do quebra-mar de Aguda mostra um balanço sedimentar positivo, nomeadamente, a acumulação a norte desta infraestrutura.

A entidade, Parque Biológico de Gaia tem realizado ações para mitigar o problema da erosão. Algumas destas medidas consistem na política de preservação das dunas existentes e implantação de sistemas de regeneração dunar composto por paliçadas de madeira, com o objetivo de evitar o pisoteio das pessoas, de modo a ampliar as dunas e proteger fauna e a flora autóctone. Além disso, esta entidade aposta em campanhas de sensibilização ao longo das praias e a criação de um parque de dunas, localizado em Aguda, procurando incentivar o respeito pela natureza. Aliás, de acordo com Lopes (2015) os passadiços sobre-elevados criados como prevenção do pisoteio permite a “circulação da areia e o crescimento de plantas interferindo o mínimo sobre o sistema dunar”, assim também se salvaguarda a vegetação das dunas, uma vez que possibilita a passagem para a praia. Esta instituição, conjuntamente, com investigadores multidisciplinares da Universidade do Minho elaboraram um projeto para obter as áreas mais vulneráveis à erosão costeira. Apesar da elaboração de diversos estudos com a finalidade de compreender a dinâmica do litoral é essencial a criação de uma instituição que englobasse os interesses comuns de um desenvolvimento sustentável desta área. Os responsáveis pela preservação dunar e delineamento dos passadiços mencionam a dificuldade de ajustar estas infraestruturas em novos espaços. Uma vez que a ideia constitui-se em recuar o passadiço até onde for possível, no entanto, se o problema da erosão continua a devastar várias praias em que o areal cada vez é mais reduzido, podendo deixar de existir.

Existe uma procura por uma solução na defesa da orla costeira de Vila Nova de Gaia, supervisionada pelo Parque Biológico de Gaia. Esta solução fundamenta-se, primordialmente, num fortalecimento da consolidação do cordão dunar. Porém a entidade camararia, em 2009, sugeriu a utilização de “*geotubos*”, visando provocar a sedimentação da areia que se desloca na deriva oceânica de forma a combater a evasão do mar sob o território (Palma, 01/01/2010)

Referências bibliográficas

- (IPPC), I. P. C. C. (2008). *Climate change and water*. New York: Cambridge Univ. Press.
- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47(2), 107-124.
- Antunes, C. (2014). Eventos extremos e a variação do nível do mar. *3ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*.
- Araújo, M. d. A. (1991). Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto.
- Araújo, M. d. A. (2014). A plataforma litoral da região do Porto: Dados adquiridos e perplexidades. *Estudos do quaternário: revista da Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário*, 1997, n. ° 1 (1997), p. 3-12.
- Barbosa, J. L. (2007). *Hidromorfologias e Hidroformas Costeiras Locais*. Doutorado em Ciências de Engenharia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Barbosa, J. P., Veloso Gomes, F., & Pinto, E. F. T. (2006). *Aplicação De Sistemas De Informação Geográfica (Sig) A Estudos Na Zona Costeira*. Paper presented at the 1ª Jornadas de Hidráulica, Porto
- Barroco, A., Biscoito, M., Calado, H., Ferreira, J. G., Freitas, M. d. C., Pereira, A. R., Reis, C. S. (2007). *Bases Para A Estratégia De Gestão Integrada Da Zona Costeira Nacional*. Paper presented at the 2º Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Porto.
- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction*: Wiley.
- Bird, E. C. F. (1993). *The Effects of a Rising Sea Level on Coastal Environments*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Bush, D. M., Pilkey, O. H. J., & Neal, W. J. (1996). *Living by the rules of the sea* Durham: Duke University Press.
- Calliari, L. J., Muehc, D., Hoefel, F. G., & Jr. Toldo, E. (2003). Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia* 50, 63-78.
- Camfield, F. E., & Morang, A. (1996). Defining and interpreting shoreline change. *Ocean & Coastal Management*, 32, 129-151.
- Charlier, R. H., & Meyer, C. P. D. (1998). *Coastal erosion: response and management* (Vol. 70): Springer Science & Business Media.

Chen, T.-C., Kuo, Y.-H., Zhang, P.-Z., & Bai, Q.-F. (1992). Climatology of explosive cyclones off the east Asian coast. *Monthly Weather Review*, 120, 3029-3035.

Coelho, C. (2005). *Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Coelho, C. D. B. (2005). Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira.

Coentrão, A. (08/01/2014). De onde saíram estas ondas destruidoras? *Jornal Público*. Retrieved from <http://www.publico.pt/local/noticia/de-onde-sairam-estas-ondas-destruidoras-1618823>

Daveau, S. (1995). *Portugal Geográfico*. Porto: Copyright - Edições João Sá Da Costa, LDA.

Davis, C. A., & Emanuel, K. A. (1988). Observational evidence for the influence of surface heat fluxes on rapid maritime cyclogenesis. *Monthly Weather Review*, 116(12), 2649-2659.

Delicado, A., Schmid, L., Guerreiro, S., & Gomes, C. (2012). Pescadores, conhecimento local e mudanças costeiras no litoral Português. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 12, 437-451.

Dias, J. (1990). A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*, 11, 15-28.

Dias, J. (1993). Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa. *Geologia Costeira*, 139.

Dias, J. (2005). Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos Antrópicos e Naturais. *Revista Encontros Científicos - Turismo, Gestão, Fiscalidade*, 1, 7-27.

Dias, J., Ferreira, O., & Pereira, A. (1994). Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e de Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros Entre Espinho e Nazaré (pp. 303).

Dias, J. A. (2005). Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais. *Tourism & Management Studies*, 1(1), 07-27.

Dias, J. A., & Taborda, R. (1988). Evolução recente do nível médio do mar em Portugal. *Anais do Instituto hidrográfico*, 9, 83-97.

Dias, J. M. A. (1993). Estudo de Avaliação da Situação Ambiental E Proposta De Medidas De Salvaguarda Para A Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira). *Liga Para A Protecção Da Natureza*

Dolan, R., Hayden, B. P., May, P., & May, S. (1980). The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, 48(4), 22-29.

Donovan, A., Haney, R., & Mague, S. (2002). Massachusetts Shifting Shorelines. New Data on Shoreline Change. *Massachusetts Office of Coastal Zone Management*.

Edidin, M., Kuo, S. C., & Sheetz, M. P. (1991). Lateral movements of membrane glycoproteins restricted by dynamic cytoplasmic barriers. *Science*, 254(5036), 1379-1382.

Extreme weather (2014). Retrieved from <http://www.metoffice.gov.uk/learning/weather-for-kids/extreme-weather>

Freitas, J. I. R. (2010). *O litoral português na época contemporânea: representações, práticas e consequências. Os casos de Espinho e do Algarve (c. 1851 a c. de 1990)*. Doutoramento em História - Especialidade de História Contemporânea, Universidade de Lisboa da Faculdade de Letras, Lisboa.

Garcia, R. (09/01/2014). Costa portuguesa tem todos os ingredientes de risco. *Jornal Público*. Retrieved from <http://www.publico.pt/ecosfera/noticia/costa-portuguesa-tem-todos-os-ingredientes-de-risco-1618922>

Garcia, R., & Soldado, C. (22/12/2013). As ondas que matam "são normais". *Jornal Público*.

Gomes, F. V., Pereira, A. R., Reis, C. S., Calado, H., Ferreira, J., Freitas, M. d. C., & Biscoito, M. (2007). Base para uma Estratégia de Gestão Integrada da zona costeira Nacional. In d. O. d. T. e. d. D. R. Ministério do Ambiente (Ed.). Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Gomes, P., Botelho, A. C., & Carvalho, G. S. d. (2002). *Sistemas dunares do litoral de Esposende*. Braga: Universidade do Minho.

Granja, H., & Pinho, J. L. (2011). *Estudo do risco de erosão do litoral do concelho de Vila Nova de Gaia*. Vila Nova de Gaia: Parque Bilógico.

Granja, H., & Sancho, F. Revista de Gestão Costeira Integrada. Retrieved from <http://www.aprh.pt/rgci/index.html>. website:

Hermelin, M. 2002. News trends in prevention of geological hazards. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, 2000. Resumo de palestra.

Introduction To Storm Surge. (2008). Retrieved from http://www.nws.noaa.gov/om/hurricane/resources/surge_intro.pdf

IPCC. (2007). *Mudança do Clima; A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima; Sumário para os Decisores de Políticos (II)*.

JN. (2014). Recuperação da marginal de Gaia com apoio de 2,1 milhões. *Jornal de Notícias*.

Juang, H.-M. H., & Ogura, Y. A. (1990). A case study of rapid cyclogenesis over Canada. Part II: Simulations. *Monthly Weather Review*, 118, 674-704.

Julião, R. P., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M., & Zêzere, J. L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Lisboa: DGOTDU/IGP.

Lopes, José (2015). *Praias de Gaia: PASSADIÇOS vão ajustando-se à evolução da consolidação do CORDÃO DUNAR*. ETCeTAL- Jornal I. Retrieved from: <http://etcetaljornal.pt/j/2015/04/praias-de-gaia-passadicos-vao-ajustando-se-a-evolucao-da-consolidacao-do-cordao-dunar>.

Kuo, Y.-H., & Low-Nam, S. (1990). Prediction of nine explosive cyclones over the western Atlantic Ocean with a regional model. *Monthly Weather Review*, 118(1), 3-25.

Kuo, Y.-H., & Reed, R. J. (1988). Numerical simulation of an explosively deepening cyclone in the eastern Pacific. *Monthly Weather Review*, 116(10), 2081-2105.

Loureiro, E. (2006). *Indicadores Geomorfológicos E Sedimentológicos Na Avaliação Da Tendência Evolutiva Da Zona Costeira (Aplicação Ao Concelho De Esposende)* Tese de Doutoramento Universidade do Minho Minho.

MAOTDR, G. (2007). A Gestão da Zona Costeira Portuguesa Nacional *Revista da Gestão Costeira Integrada* (Vol. 7, pp. 83-95).

Martins, L. R., Tabajara, L. L., & Ferreira, E. R. (2004). Linha de Costa: problemas e estudos. *Gravel*, 2, 40-56.

Matias, A., Williams, J., Masselink, G., Ferreira, Ó., & Bradbury, A. (2010). Estudo experimental de galgamento em barreiras de cascalho. *VIII CNG 2010*, 12.

McGlade, J. (1997). *SimCoast an expert system for integrated coastal zone management and decision-making*. Paper presented at the NOAA - NMFS workshop on biological and physical changes within the north-east shelf ecosystem of the USA.

- Miller, J. E. (1946). Cyclogenesis in the Atlantic coastal region of the United States. *Journal of Meteorology*, 3, 31-44.
- Ministério do Planeamento e da Administração do Território (1990). *Decreto-Lei nº 301/90 de 26 de Setembro*. Diária República da Iª Série nº 223. Lisboa.
- Ministério do Ambiente e Recursos Naturais (1993). *Decreto-Lei nº 309/93 de 2 de Setembro*. Diária República da Iª Série-A, nº206. Lisboa.
- Minho, U. d. P. e. U. D. (Ed.). (2010). *Estudo do Risco de Erosão do Litoral do Concelho de Vila Nova de Gaia – Resumo não técnico*. Vila Nova de Gaia: Parque Bilógico de Gaia.
- Miranda, J. (2014). Boletim meteorológico para a agricultura. In IMPA (Ed.), (Vol. 37). Lisboa: Instituto Português do Mar e da Atmosfera
- Moore, L. J. (2000). Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16, 111-124.
- Moreira, M. E. (1984). Glossário de termos usados em geomorfologia litoral . *Centro de Estudos Geográficos*, 125.
- Neves, P., Poseiro, P., Fortes, C., Reis, M., Capitão, R., do Carmo, J. A., Ferreira, J. (2013). Aplicação da metodologia de avaliação do risco de inundação/galgamento na praia de São João da Caparica. 8ªs JPECP.
- Nielsen, J. W., & Dole, R. M. (1992). A survey of extratropical cyclone characteristics during Gale. *Monthly Weather Review*, 120, 1156-1167.
- Notícias, J. d. (07/01/2014). Agitação do mar obriga à evacuação de escola em Gaia. *JN*.
- Nuss, W. A., & Anthes, R. A. (1987). A numerical investigation of low-level processes in rapid cyclogenesis. *Monthly Weather Review*, 115(11), 2728-2743.
- Ogura, Y. A., & Juang, H.-M. H. (1990). A case study of rapid cyclogenesis over Canada. Part I: Diagnostic study. *Monthly Weather Review*, 118, 655-672.
- Oliveira, I. B. M., Valle, A. J. S. F. E., & Miranda, F. C. C. (1982). Littoral Problems in the Portuguese West Coast. *Coastal Engineering*, 3, 1950-1969.
- Oliveira, S. M. (2005). *Evolução Recente Da Linha De Costa No Troço Costeiro Forte Novo – Garrão (Algarve)*. Mestre em Ciências e Engenharia da Terra, Faculdade de Ciências da universidade de Lisboa Lisboa
- ONU 2002. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Preliminary version. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça, www.unisdr.org, 152pp.

Pais-Barbosa, J., Veloso-Gomes, F., & Taveira-Pinto, F. (2010). Análise De Formas E Padrões Costeiros Como Indicadores De Erosão Na Zona Costeira Noroeste De Portugal. *Recursos Hídricos*, 31, 15-26.

Palma, N. (01/01/2010). Passadiço de 15 quilómetros ameaçado pela força do mar. *Jornal de Notícias*. Retrieved from http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Vila%20Nova%20de%20Gaia&Option=Interior&content_id=1459455

Pereira, A. R. (2004). O espaço litoral e a sua vulnerabilidade. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa- Centro de Estudos Geográficos (Ed.). Lisboa: GeoINova.

Pereira, C., & Coelho, C. (2013). Mapas de Risco das Zonas Costeiras por Efeito da Ação Energética do Mar *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13, 27-43.

Pereira, C., & Coelho, C. (2013). Mapas de Risco das Zonas Costeiras por Efeito da Ação Energética do Mar. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13, 27-43.

Pethick, J. (1984). *An Introduction To Coastal Geomorphology*. London: Edward Arnold.

Pimenta, P. (19/02/2014). Madeira arrastada pelo mau tempo para as praias de Gaia está a ser roubada para lareiras, *Jornal Público*. Retrieved from <http://www.publico.pt/local/noticia/madeira- trazida- para- as- praias- de- gaia- com- o- mau- tempo- esta- a- ser- roubada- 1624362>

Pinheiro, J. P. T. (2008). *Avaliação Dos Processos De Transposição Artificial De Sedimentos Em Embocaduras*. Mestre Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Pinto, C. A. (2014). *Registo das ocorrências no litoral - Temporal de 3 a 7 de Janeiro de 2014*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente.

PROCIV, C. T. (2010). Riscos Costeiros –Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Rabinovich, A., Vilibi, I., & Tinti, S. (2009). Meteorological tsunamis: Atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34, 891-893.

Ramos Pereira, A. (2008). Sistemas Litorais: Dinâmicas e Ordenamento *Finisterra*, XLIII(86), 5-29.

Revista de Gestão Costeira Integrada (s/d). Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/index.html>.

Rodrigues, A., & Dias, J. A. (1989). Evolução Pós-Glaciária Da Plataforma Continental Portuguesa A Norte Do Cabo Mondego. *Anais do Instituto Hidrográfico*, 10, 39-50.

Rodrigues, L. A. (2010). *Gestão de sedimentos na zona costeira - alimentações artificiais*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Roebber, P. J. (1989). On the statistical analysis of cyclone deepening rates. *Monthly Weather Review*, 117(10), 2293-2298.

Sancho, F., Oliveira, F., & Freire, P. (2011). Níveis máximos do espraiamento no litoral da Ria Formosa. *7^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*.

Sanders, F., & Gyakum, J. R. (1980). Synoptic-Dynamic Climatology of the “Bomb”. *Monthly Weather Review*, 108(10), 1589-1606.

Santos, Â., Mendes, S., & Corte-Real, J. (2014). Impacts Of The Storm Hercules In Portugal. *Revista Finisterra*, XLIX, 197-220.

Silva, A. A. (2007). *Geomorfologia e Ordenamento do Litoral* (Vol. 10). Lisboa: Apenas Livros.

Sousa, J., Fragoso, M., Mendes, S., Corte-Real, J., & Santos, J. (2013). Statistical-dynamical modeling of the cloud-to-ground lightning activity in Portugal. *Atmospheric Research*(132-133), 46–64.

Stive, M. J. F., Aarninkhof, S. G. J., Hamm, L., Hanson, H., Larson, M., Wijnberg, K. M., Capobianco, M. (2002). Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, 47, 211-235.

Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. .

Trindade, J. M. (2010). *Dinâmica Morfossedimentar De Praias Dominadas Por Sistemas De Arriba (Peniche – Cascais)*. Doutoramento em Geografia- Especialidade Geografia Física, Universidade Aberta Lisboa

Uccellini, L. W. (1990). Processes contributing to the rapid development of extratropical cyclones. *Extratropical Cyclones: The Erik Palmén Memorial Volume*, 81-105.

Valle, A. S. (1989). As obras de protecção e de reconstituição das praias de Espinho (Tema IV). *Recursos Hídricos*, 9(3), 57-67.

Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice: UNESCO.

Vieira, R., Antunes, C., & Taborda, R. (2012). Caracterização da sobrelevação meteorológica em Cascais nos últimos 50 anos. *2ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*.

Vieira, S. F. (2014). *Inventariação do Património Geomorfológico do Litoral de Portugal Continental: Costas Baixas*. Mestrado em Património Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho da Escola de Ciências.

Viles, H., & T., S. (1995). *Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast*. London: Edward Arnold.

Vilibic, I., & Sepic, J. (2009). Destructive meteotsunamis along the eastern Adriatic coast: overview. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34, 904–917.

Walsh, J., Molyneux, D., & Birley, M. (1993). Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106(S1), S55-S75.

Wright, L., & Short, A. D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine geology*, 56(1), 93-118.

Zêzere, J., Pereira, S., Tavares, A., C.; B., Trigo, R., Quaresma, I., Santos M, V. (2014). DISASTER: a GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Nat Hazards*, DOI:10.1007/s11069-013-1018-y.

Zêzere, J. L., Pereira, A. R., & Morgado, P. (2006). Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal Continental. *Apontamentos de Geografia, Série de investigação*, 19.