



2ª REVISÃO DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE VILA DO PORTO

Fase 2 – Estudo prévio de ordenamento e relatório ambiental

Cartografia de Pormenor de Risco de Galgamentos e Inundações Costeiras

Fase 4_ Determinação e avaliação de zonas/faixas costeiras suscetíveis de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras – Relatório e Cartografia Final

outubro de 2023



INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ENQUADRAMENTO | 3 |
| 2 | OBJETIVOS, PRINCÍPIOS ORIENTADORES E ÁREAS DE ESTUDO | 4 |
| 3 | CARACTERIZAÇÃO TERRITORIAL - SÍNTESE | 8 |
| 3.1 | Enquadramento Geográfico e Administrativo | 8 |
| 3.2 | Geomorfologia e Tipos de Solo | 9 |
| 3.3 | Maré | 10 |
| 3.4 | Agitação Marítima | 11 |
| 3.5 | Estruturas de Defesa Costeiras | 22 |
| 3.6 | As infraestruturas portuárias | 24 |
| 3.7 | Grau de Artificialização Costeira | 26 |
| 3.8 | Estudo da Reserva Ecológica Regional - Zonas ameaçadas pelo mar | 27 |
| 3.9 | Instrumentos de Gestão Territorial, referenciais e estudos estratégicos | 28 |
| 3.9.1 | PRAC - Programa Regional para as Alterações Climáticas dos Açores - Impactes, Vulnerabilidades e Medidas de Adaptação para o Setor do Ordenamento do Território e Zonas Costeiras | 28 |
| 3.9.2 | PMEPC-PLP - Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila do Porto (2021) | 30 |
| 3.10 | Eventos Extremos – Ocorrências | 30 |
| 4 | ABORDAGEM METODOLÓGICA | 32 |
| 4.1 | Determinação e avaliação de zonas/faixas costeiras com probabilidade de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras | 32 |
| 4.1.1 | Zonas/faixas de vulnerabilidade de galgamentos e inundações costeiras | 34 |
| 4.1.2 | Zonas/faixas de risco de galgamentos e inundações costeiras | 36 |
| 4.2 | Cenários de Risco | 44 |
| 4.3 | Cartografia e Relatório Finais | 45 |
| 5 | Zonas/faixas costeiras com probabilidade de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras no âmbito da Revisão do Plano Diretor Municipal do concelho de Vila do Porto | 46 |
| 5.1 | Introdução | 46 |
| 5.2 | Cartografia | 46 |
| 5.2.1 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira | 46 |
| 5.2.2 | Carta de Risco de galgamento e inundação costeira | 52 |
| 6 | CONCLUSÕES ORIENTAÇÕES PARA A REGULAMENTAÇÃO E MEDIDAS | 57 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 59 |
| | ANEXO I – Cartografia de Vulnerabilidade 1: 2 000 | 61 |
| | ANEXO II – Cartografia de Risco 1: 2 000 | 63 |

1 ENQUADRAMENTO

O presente documento consubstancia o **Relatório Final de determinação e avaliação de zonas/faixais costeiras suscetíveis de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras – Fase 4** - para a **Cartografia de Pormenor de Risco de Inundações e Galgamentos Costeiros no âmbito da Revisão do Plano Diretor Municipal de Vila do Porto**, para a **Câmara Municipal de Vila do Porto**, correspondendo ao quarto e último produto previsto para esta componente no âmbito do respetivo contrato de desenvolvimento da 2.ª revisão do Plano Diretor Municipal de Vila do Porto.

2 OBJETIVOS, PRINCÍPIOS ORIENTADORES E ÁREAS DE ESTUDO

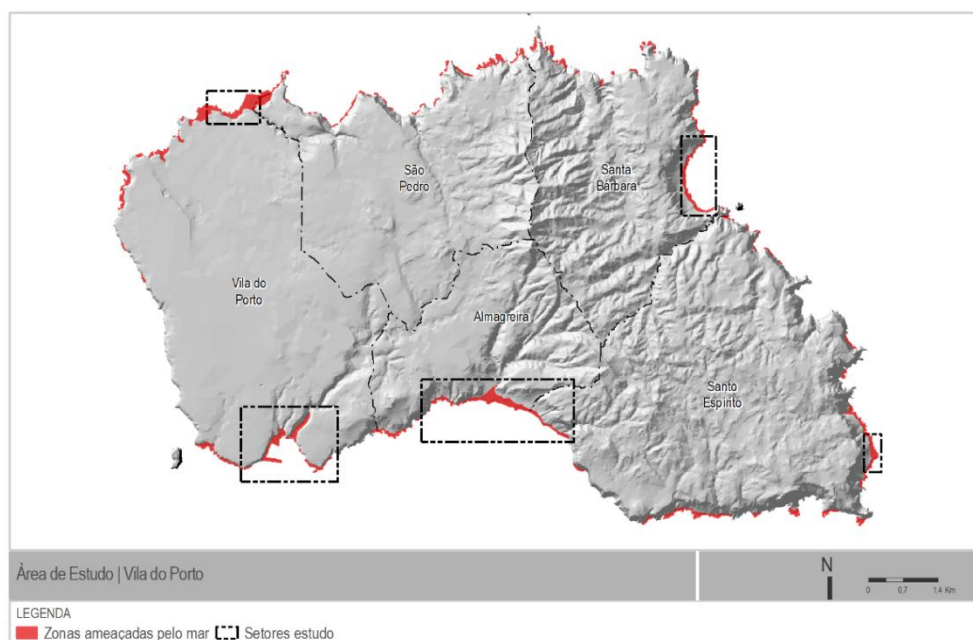
O presente estudo tem como objetivo a avaliação detalhada da faixa costeira do concelho de Vila do Porto, exposta aos riscos costeiros, que terá por base uma abordagem metodológica considerando a morfologia costeira, o clima de agitação marítima e as estruturas de defesa costeira e portuária existentes, de acordo com o “Guia para a delimitação e integração de cartografia de riscos naturais nos PEOT e PMOT e restrição ao uso e ocupação do solo na RAA” (https://www.proyectoplanclimac.com/wp-content/uploads/2023/01/PLANCLIMAC_Guia_2-4_DEZ2022_Final.pdf#page=29&zoom=100,109,154).

Estas áreas resultam das áreas identificadas no âmbito do Estudo “Reserva Ecológica Regional - Caracterização dos Perigos em termos de Recursos Naturais e delimitação das respetivas Áreas Vulneráveis a considerar no Ordenamento do Território da RAA” [E-RER, 2011], elaborado pela Direção Regional do Ambiente [DRA], como zonas ameaçadas pela subida do mar. As figuras seguintes apresentam a área abrangida pelo presente estudo. A área abrangida pelo presente projeto abrange toda a faixa costeira do concelho da Vila do Porto.

A área abrangida pelo presente projeto abrange em particular cinco setores costeiros do concelho de Vila do Porto:

- Zona portuária/baía da Vila do Porto;
- Praia Formosa;
- Maia;
- Baía/Praia de São Lourenço;
- Baía do Anjos.

Figura 2.1_ Área abrangida pelo projeto no concelho de Vila do Porto



As figuras seguintes apresentam com maior detalhe os diferentes troços da área de estudo.

Figura 2.2_ Área abrangida pelo projeto no setor da Zona portuária/baía da Vila do Porto



Figura 2.3_ Área abrangida pelo projeto no setor da Praia Formosa

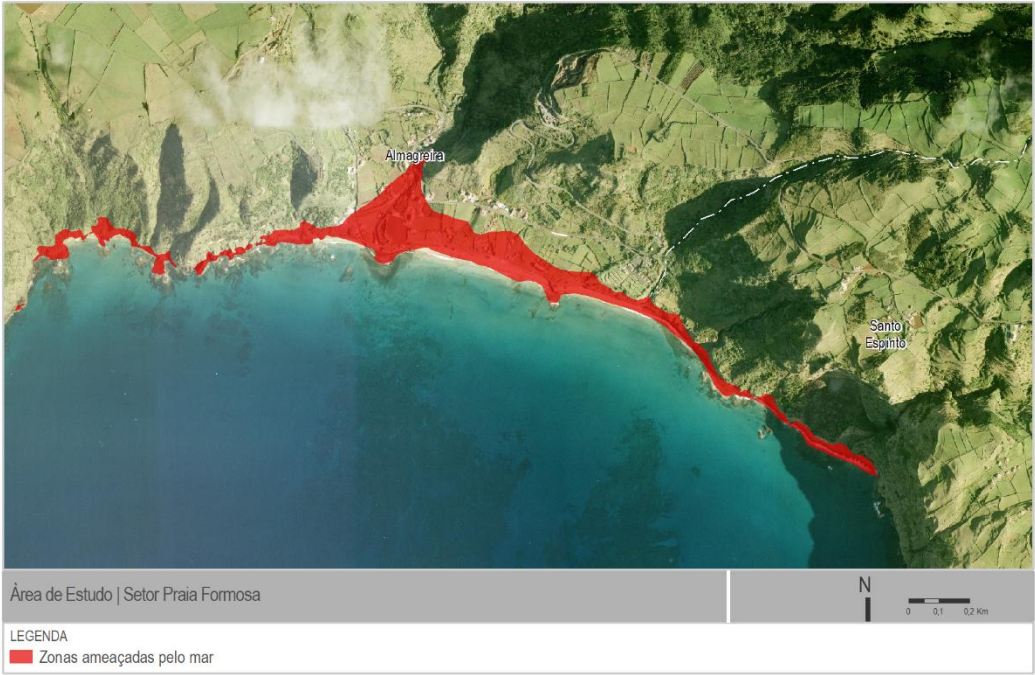


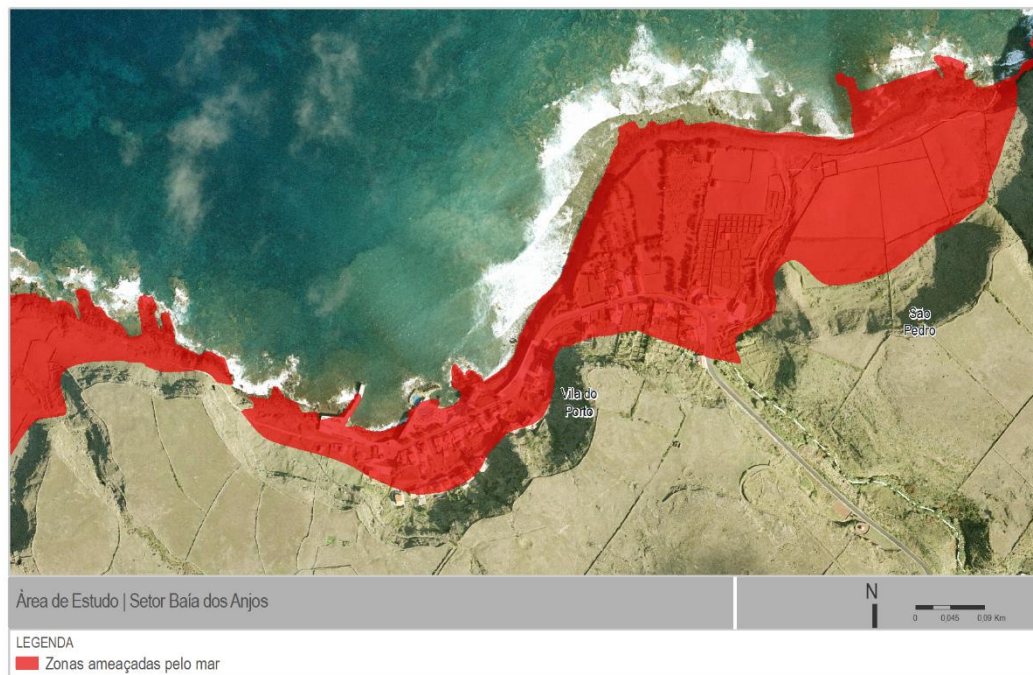
Figura 2.4_ Área abrangida pelo projeto no setor da Maia



Figura 2.5_ Área abrangida pelo projeto no setor da Baía/Praia de São Lourenço



Figura 2.6_ Área abrangida pelo projeto no setor da Baía dos Anjos

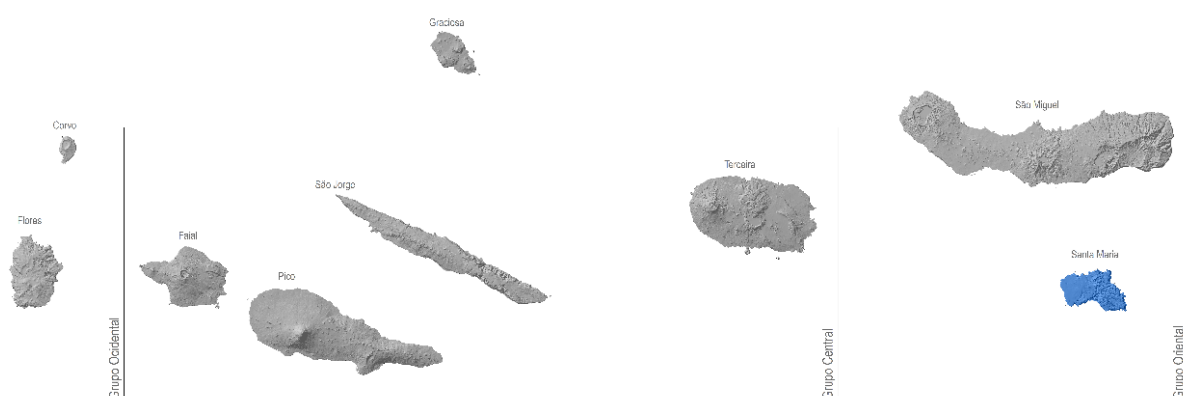


3 CARACTERIZAÇÃO TERRITORIAL - SÍNTESE

3.1 Enquadramento Geográfico e Administrativo

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Oceano Atlântico Norte, ocupando uma faixa de transição, com características climáticas subtropicais, definida pelas seguintes coordenadas geográficas (pontos extremos): entre 39° 43' 23" (Ponta Norte – ilha do Corvo) e 36° 55' 43" (Ponta do Castelo – ilha de Santa Maria) de Latitude Norte; entre 24° 46' 15" (Ilhéus das Formigas – ilha de Santa Maria) e 31° 16' 24" (Ilhéu de Monchique – ilha das Flores) de Longitude Oeste (Figura 3.1) (SREA, 2008).

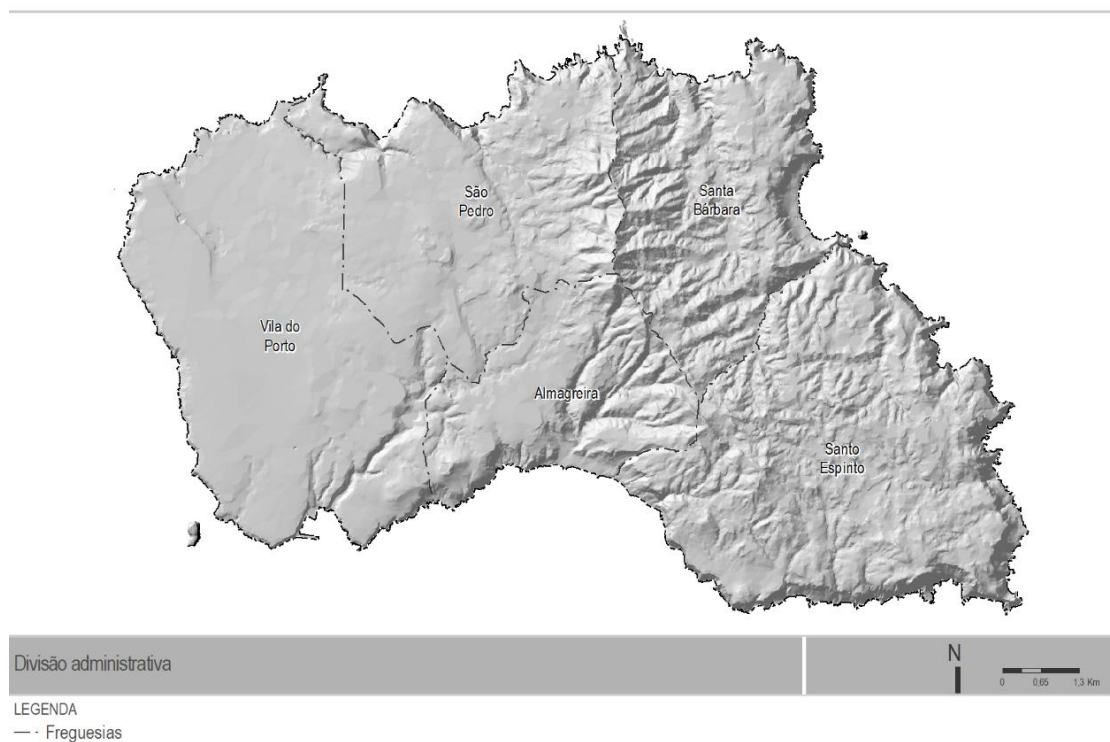
Figura 3.1_ Enquadramento geográfico do Arquipélago dos Açores.



As ilhas encontram-se agrupadas atendendo à proximidade geográfica: Grupo Ocidental (Corvo e Flores); Grupo Central (Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial); Grupo Oriental (São Miguel e Santa Maria). O Grupo Central distancia-se cerca de 150km e de 240km dos Grupos Oriental e Ocidental, respetivamente.

No que concerne à organização administrativa (Figura 3.2), a ilha de Santa Maria tem um concelho: Vila do Porto (9 688,74 ha) - subdividido em 5 freguesias: Almagreira, Santa Bárbara, Santo Espírito, São Pedro e Vila do Porto.

Figura 3.2_ Divisão administrativa da ilha de Santa Maria.



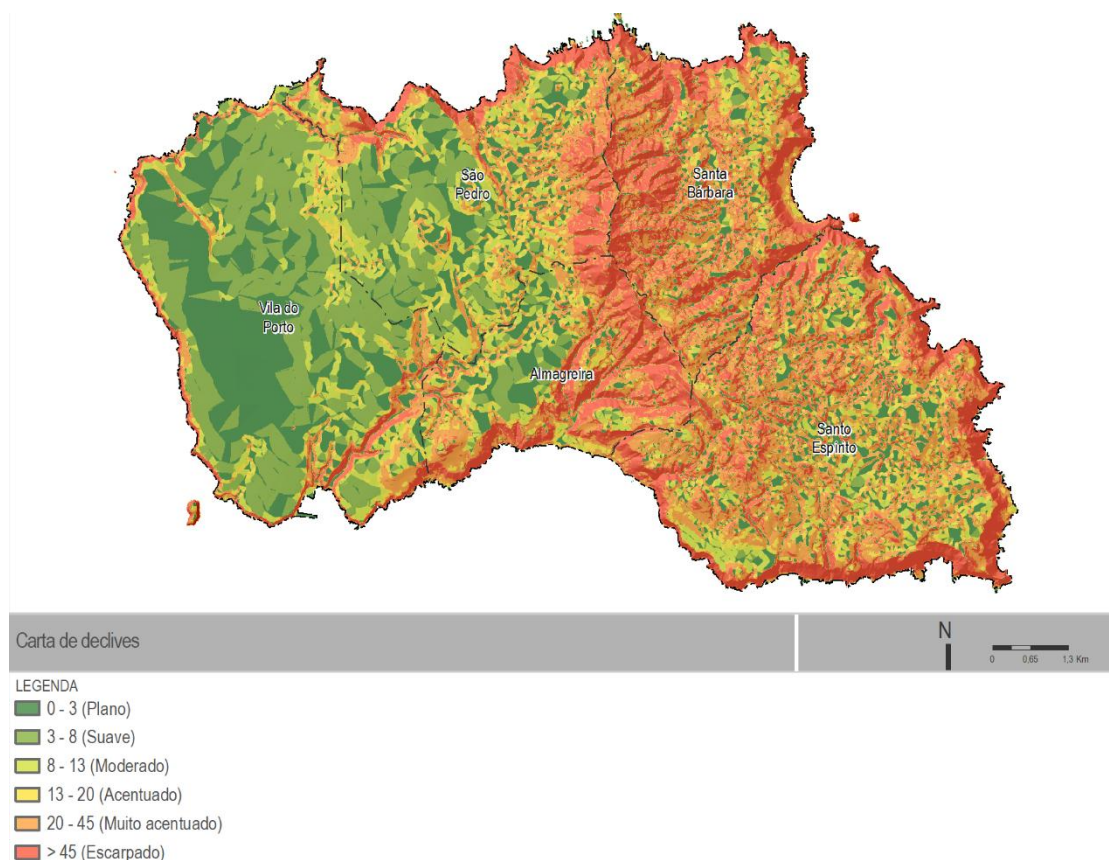
3.2 Geomorfologia e Tipos de Solo

De acordo com o PGRH Açores 2022-2027 (SRAAC, 2022) as ilhas açorianas exibem aspetos geomorfológicos muito diversificados, consoante os tipos de erupção que estiveram na sua origem. O vulcanismo e a tectónica regional e local explicam o alinhamento das ilhas e a disposição dos principais aparelhos eruptivos, enquanto as formas de relevo são condicionadas, essencialmente, pelos estilos eruptivos (efusivos e explosivos), pela dinâmica evolutiva e pelo estado mais ou menos avançado dos processos de erosão. O grau de alteração depende da natureza dos materiais, da topografia e das condições climáticas, designadamente da intensidade da precipitação.

A parte emersa da ilha de Santa Maria, com um volume estimado de 18,6km³, tem uma configuração irregular, observando-se um prolongamento para o extremo sudeste em direção à Ponta do Castelo. O coeficiente de circularidade de Gravelius (Kc), determinado pela razão entre a superfície da ilha e a área de um círculo de igual perímetro, indica que Santa Maria descreve uma forma ligeiramente compacta (Kc = 1,8). Com uma orientação predominante de WNW-ESE, a ilha apresenta um comprimento e uma largura máxima de 17 km e de 8 km, respetivamente. A orla costeira, com cerca de 78km, é sobretudo modelada por processos de erosão marinha. Apresenta-se baixa e pouco recortada em toda a metade ocidental, sendo mais alta e alcantilada na parte sul, alcançando 340m na Rocha Alta. As baías da Praia Formosa e de São Lourenço formam amplas enseadas nas costas Sul e Nordeste, respetivamente. (SRAAC, 2022).

No que concerne à declividade (Figura 3.3), regista-se que 37,5 % da superfície de Santa Maria apresenta declives suaves (<8%), tendo esta classe uma representação expressiva na plataforma sedimentar do aeroporto. Por sua vez, cerca de 24,4% do território apresenta declives muito acentuados a escarpados, designadamente no maciço vulcânico do Pico Alto e nas arribas costeiras da metade oriental da ilha. A restante superfície corresponde a áreas com declives moderados a acentuados que se encontram dispersas por diferentes setores da ilha. (SRAAC, 2022).

Figura 3.3_ Carta de Declives da ilha de Santa Maria (%)



3.3 Maré

De acordo com dados do Instituto Hidrográfico (IH), de 2022 (<https://geomar.hidrografico.pt/>), na Região Autónoma dos Açores (RAA) existem cinco marégrafos, localizados em (Tabela 3.1):

Tabela 3.1_ Estações Marégrafo na Região Autónoma do Açores – Localização.

| Ilha | Marégrafo | Posição | Observações |
|-------------|-------------------|-------------------------------|-------------|
| Santa Maria | Vila do Porto | 36° 56' 39" N - 25° 8' 56" W | Operacional |
| Flores | Lajes das Flores | 39° 22' 42" N - 31° 10' 7" W | Operacional |
| Faial | Horta | 38° 35' 17" N - 28° 32' 27" W | Operacional |
| Terceira | Angra do Heroísmo | 38° 39' 00" N - 27° 13' 18" W | Operacional |
| São Miguel | Ponta Delgada | 37° 43' 32" N - 25° 43' 17" W | Operacional |

A maré na faixa costeira dos Açores é do tipo semidiurno regular, duas preia-mares e duas baixa-mares bem marcadas, com amplitude média em águas-vivas variando entre 1 e 1,3m, consoante a estação. A amplitude média anual de maré varia entre 0,75 e 1m, valores que denunciam um litoral microtidal, segundo Davies (fórmula 1964) in Hayes (fórmula 1975), ou microtidal a mesotidal baixo, segundo Hayes (fórmula 1979). Estas amplitudes estão provavelmente relacionadas com a extensão considerável de uma plataforma submarina, de pequena profundidade, ainda capaz de interagir e empolar a onda de maré (SRAAC, 2022).

No arquipélago dos Açores a maré enche de W e SW e na vazante propaga-se de E e NE (Instituto Hidrográfico, 1981).

A informação contida nas Tabelas de Maré sugere que, do extremo oriental para o extremo ocidental do arquipélago, se verifica que: 1) os valores da amplitude de maré diminuem; 2) as preia-mares máximas tendem a alcançar cotas inferiores; 3) as baixa-mares mínimas tendem a alcançar cotas superiores (SRAAC, 2022).

As correntes de maré são em geral fracas com exceções pontuais. As correntes oceânicas são relativamente fracas, inferiores a 0,5m/s e são essencialmente influenciadas pela Corrente do Golfo e pela Corrente subtropical do Norte. De dezembro a abril predominam as direções para SE e de maio a novembro para S (SRAAC, 2022).

No que respeita à Vila do Porto, de acordo com a tabela de marés, Instituto Hidrográfico (2021), os elementos de maré que caracterizam esta zona costeira é do marégrafo da Vila do Porto (Tabela 3.2).

Tabela 3.2_ Valores característicos de maré para o porto da Vila do Porto.

| Maré | Altura |
|----------------------------------|---------------|
| Preia-mar máxima (PM Max) | + 1,95 m (ZH) |
| Preia-mar de águas-vivas (PMAV) | + 1,72 m (ZH) |
| Preia-mar de águas mortas (PMAM) | + 1,31m (ZH) |
| Nível médio (NM) | + 1,00 m (ZH) |
| Baixa-mar de águas mortas (BMAM) | + 0,68 m (ZH) |
| Baixa-mar de águas-vivas (BMAV) | + 0,29 m (ZH) |
| Baixa-mar mínima (BM Min) | + 0,05m (ZH) |

Fonte: Tabela de Marés, Instituto Hidrográfico (2021)

Segundo o PGRH Açores 2022-2027 (SRAAC, 2022), a maré meteorológica (sobre-elevação devido à persistência dos ventos e da agitação ou a variações acentuadas da pressão atmosférica) assume valores ligeiramente variáveis ao longo da costa. É nas zonas de águas costeiras “encaixadas” (baías) que a maré meteorológica pode assumir valores de oscilação mais significativos. O litoral açoriano é na sua maior extensão [*open coasts*] um tipo de costa que, segundo Carter [1999], diminui a energia dos efeitos de sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica [*storm surge*] que raramente excedem os 0,5-0,6 m de diferença de nível, independentemente da intensidade da depressão meteorológica forçadora [Borges, 2003]. Este facto, é ilustrado pela tempestade de 25 de dezembro de 1996, que atingiu a costa sul da ilha de São Miguel, com ondas registadas de 12 m, gerou uma *storm surge* de 0,27 m, de acordo com registos do marégrafo do porto de Ponta Delgada [Borges, 2003; Ng *et. al*, 2014].

3.4 Agitação Marítima

De acordo com o *Copernicus Marine Services*, no Arquipélago dos Açores existe um conjunto de estações ondógrafo, no âmbito do projeto CLIMAAT/CLIMARCOST, conduzido pela Universidade dos Açores, e cuja informação pode ser consultada na página do referido projeto, para as últimas 24 horas. Esta informação é também disponibilizada pelo Instituto Hidrográfico, podendo ser consultada a partir de um mapa onde se acede às últimas informações obtidas para cada estação, e ainda através de um conjunto de tabelas e gráficos e da plataforma hidrográfico+ (<https://geomar.hidrografico.pt/>), plataforma que disponibiliza dados para os últimos 5 dias, para as quatro boias ondógrafo apresentadas na (Tabela 3.3).

Tabela 3.3_ Registo da agitação marítima dos ondógrafos nos Açores.

| Ilha | Boia | Posição | Observações |
|------------|---------------------|---------------------------|-------------|
| Graciosa | Graciosa (Noroeste) | 39° 05' 13"N – 27°57'20"W | Operacional |
| Faial/Pico | No canal | 38°35'17"N – 28°32'27"W | Operacional |
| Terceira | Praia da Vitória | 38°44'53"N – 27°00'54"W | Operacional |
| São Miguel | Ponta Delgada | 37°43'32"N – 25°43'17"W | Operacional |

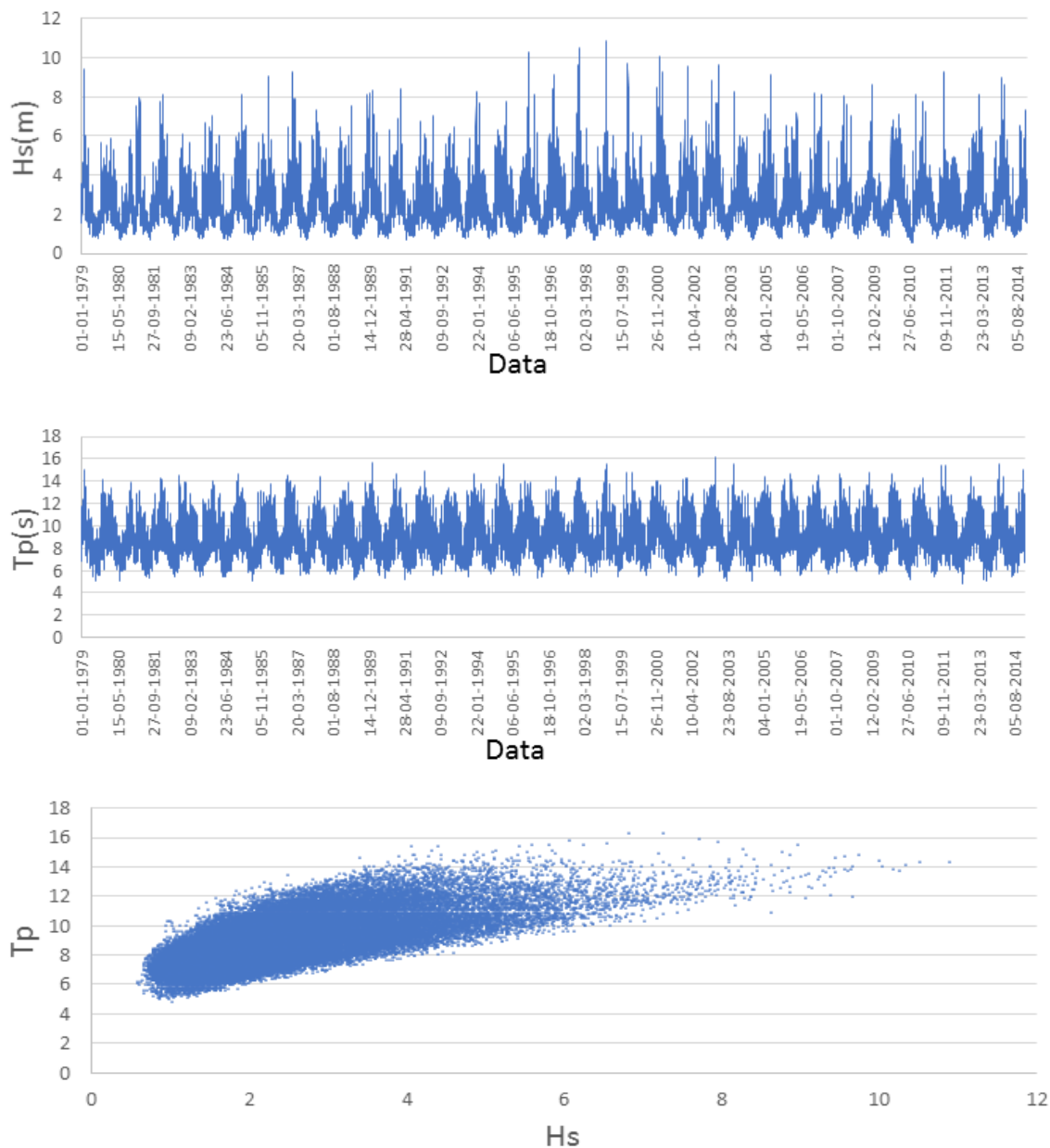
Fonte: Instituto Hidrográfico (2022)

A agitação marítima junto à costa depende do estado do mar ao largo, da batimetria da faixa de redução de profundidades e do contorno da linha de costa. No caso dos Açores a agitação marítima assume particular importância, uma vez que este arquipélago está situado em pleno Atlântico Norte, podendo a distância de coleta (*fecth*) ser imensa, assim como a variedade de rumos que aportam ao seu litoral.

Segundo os dados do *United States Naval Oceanographic Office* (USNOO), a distribuição anual da ondulação nos Grupos Central e Oriental é idêntica entre si, com os rumos de W e NW a serem os que têm maior número de incidências. No entanto, a homogeneidade da distribuição anual das incidências é menos marcada no Grupo Central, sendo a vaga de SW, W e NW mais frequente. No inverno, o rumo de NW perde alguma relevância a favor da vaga de S. Em relação à ondulação, no inverno os rumos de W apresentam maior energia, mas os rumos de SW e NW são igualmente importantes. Trata-se de um regime de agitação muito energético (POOC Graciosa, 2006).

De acordo com estimativas fornecidas pelo modelo oceânico *Wave Analysis Model* - WAM (do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* - ECMWF), para o grupo oriental para um período de 36 anos, observa-se um comportamento constante e a existência de uma relação direta entre a altura significativa (H_s) e o período de pico (T_p), ou seja, quando há um aumento do período há um aumento da altura significativa, (Matos, 2015) (Figura 3.4).

Figura 3.4_ Distribuição temporal de altura significativa ($H_s(m)$), período de pico ($T_p(s)$), e altura significativa em função do período de pico (T_p), ao longo dos 36 anos de estudo.

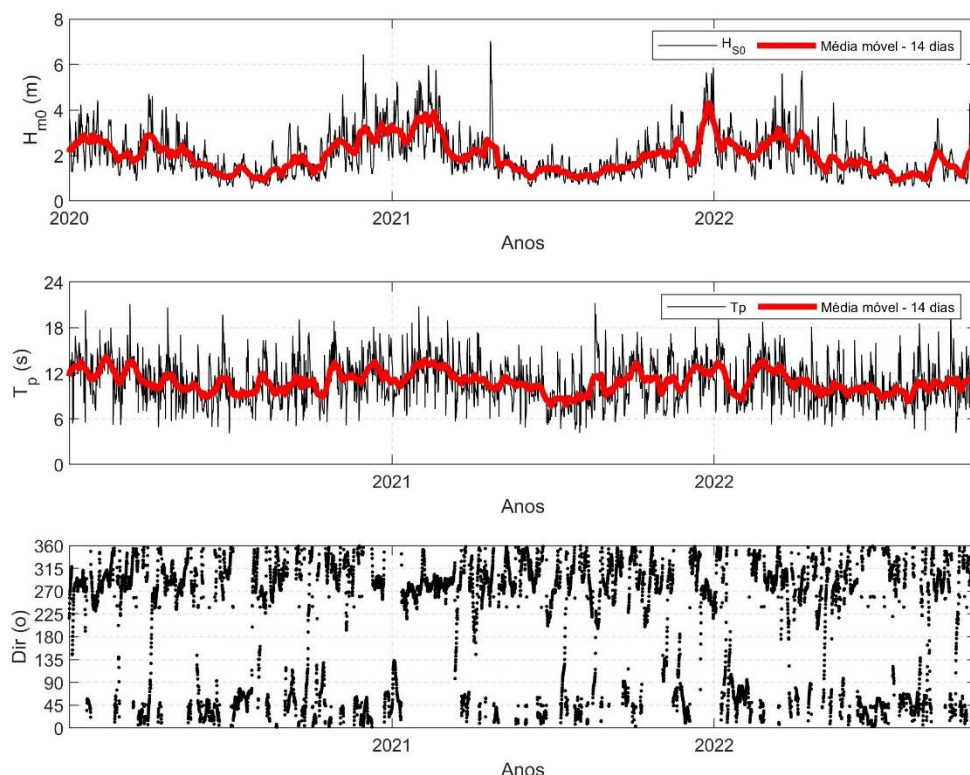


Fonte: Matos, 2015.

No presente estudo, para a caracterização do clima de agitação de Santa Maria são utilizados dados existentes no *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* [CMEMS] (<https://marine.copernicus.eu/>), do sistema operacional global de análise e previsão da *Météo-France*, com uma resolução de 1/12 de grau.

No que respeita à costa norte, o ponto escolhido [$37,08^\circ$ e $-25,16^\circ$], a cerca de 5 km da linha de costa. Dos dados disponíveis observa-se que o valor médio do terço das ondas mais altas, altura significativa (H_s), se situa nos 1,98 m e o valor máximo próximo de 7 m.

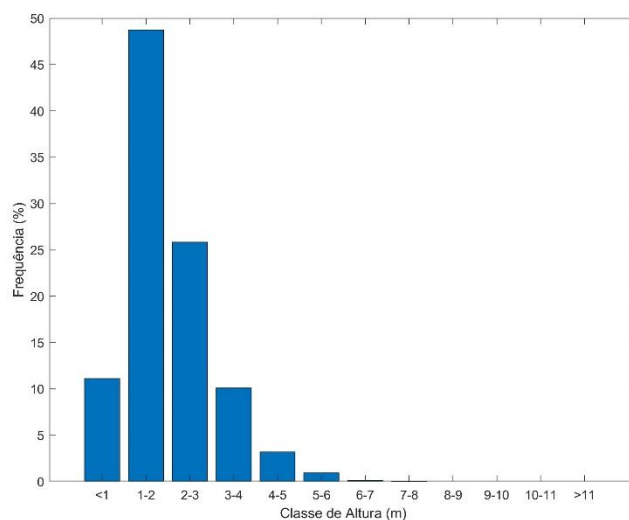
Figura 3.5_ Altura Significativa (H_s), Período de Pico (T_p), Costa Norte.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Na Figura 3.6 verifica-se que cerca de 11 % da altura significativa da onda situa-se entre 0-1m, cerca de 49% entre 1-2m, 26 % entre 2-3m, 10% entre 3-4m e 1,5% entre 4-5m. A percentagem de ondas superiores a 5m são cerca 0,5% do total dos registos.

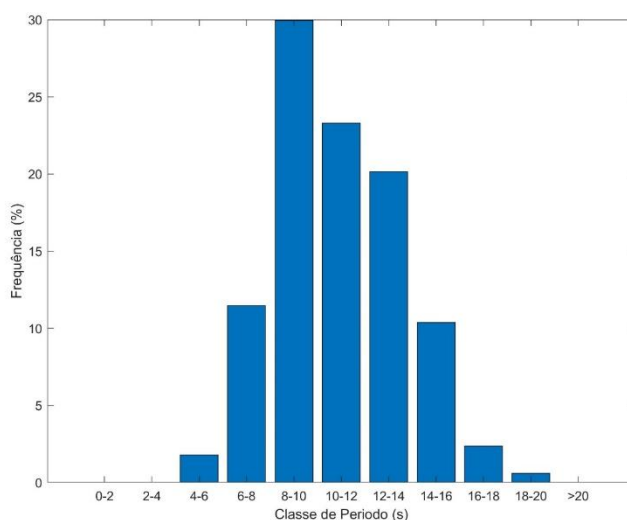
Figura 3.6_ Percentagem de ocorrências da altura significativa (H_s), Costa Norte.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

No que respeita ao período pico, de acordo com os dados analisados observa-se que o valor máximo registado foi de 21,3 s, o valor mínimo de 4 s, situando-se o valor médio do período máximo na ordem do 11 s (Figura 3.7). De acordo com a análise por classes, verifica-se que as classes de período máximo mais representativas são as de 8-10 s, 10-12 s e 12-14 s com 30%, 23% e 20%, do total de registos analisados, respetivamente.

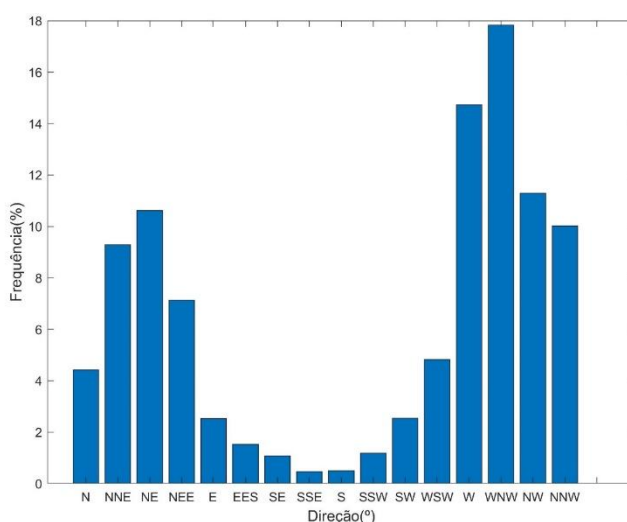
Figura 3.7_ Frequência do período pico, Costa Norte.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Quanto à direção da agitação, de acordo com a Figura 3.8, apresenta predominância do quadrante N - W em particular de WNW com 18%, W com 15%, NW com 15%, NNW com 10% e NE com 11 % respetivamente, perfazendo cerca de 70% do total dos registos.

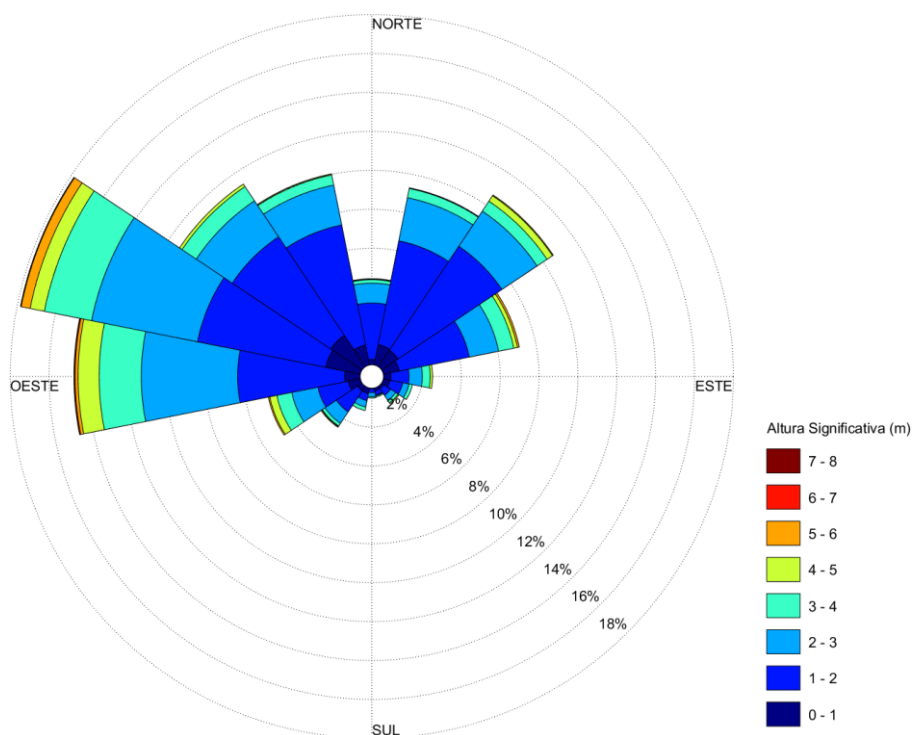
Figura 3.8_ Frequência da direção, Costa Norte.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

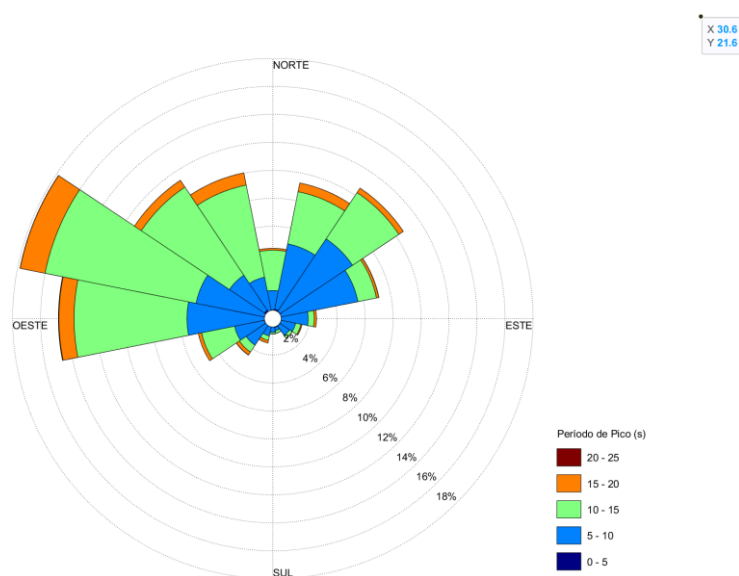
Ainda relativamente à direção verifica-se que as ondas de maior altura significativa e de período pico mais elevada, ocorrem de NNW e de W, apresentando ainda alguma expressão a agitação de NE (Figura 3.9 e Figura 3.10).

Figura 3.9_ Direção e altura significativa, Costa Norte.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

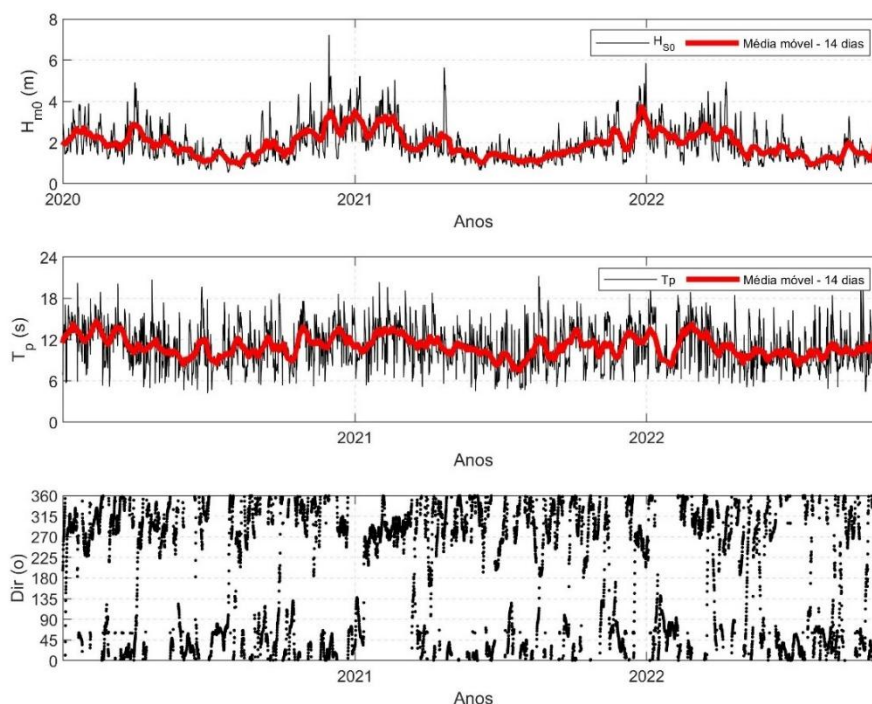
Figura 3.10_ Direção e período pico, Costa Norte



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

No que respeita à costa Este, o ponto escolhido localiza-se [37,0° e -24,92] a cerca de 10 km da linha de costa. Dos dados disponíveis observa-se que o valor médio do terço das ondas mais altas, altura significativa (H_s), situa-se nos 1,9 m e o valor máximo próximo de 7,2 m.

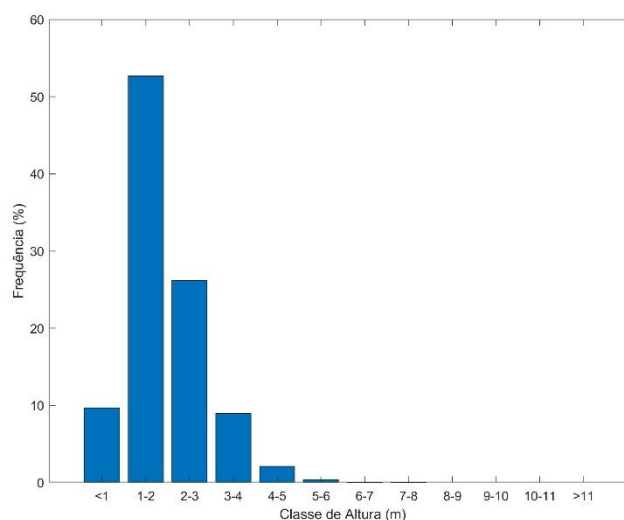
Figura 3.11_ Altura de onda significativa [H_{s0}], período de pico [T_p] e direção [Dir], Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Na Figura 3.12 verifica-se que cerca de 53 % da altura significativa da onda situa-se entre 1-2m, 26 % entre 2-3m, 9% entre 3-4m e 2,0% entre 4-5m. A percentagem de ondas superiores a 5m são cerca 1,5% do total dos registos.

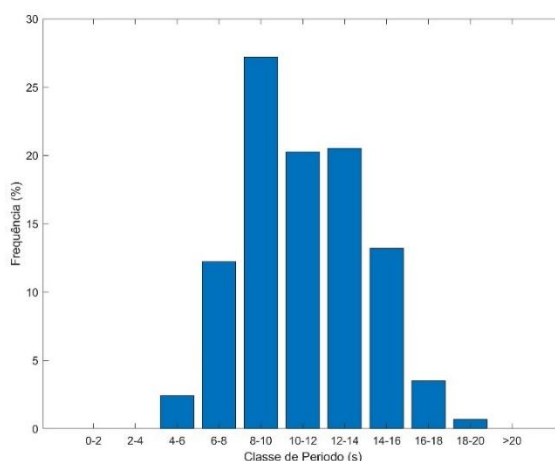
Figura 3.12_ Altura de onda significativa [H_{s0}], Costa Este



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

No que respeita ao período pico, de acordo com os dados analisados observa-se que o valor máximo registado foi de 21,3 s, o valor mínimo de 2 s, situando-se o valor médio do período máximo na ordem do 11 s (Figura 3.13). De acordo com a análise por classes, verifica-se que as classes de período máximo mais representativas são as de 8-10 s, 10-12 s e 12-14 s, com 27%, 20% e 21%, do total de registos analisados, respetivamente.

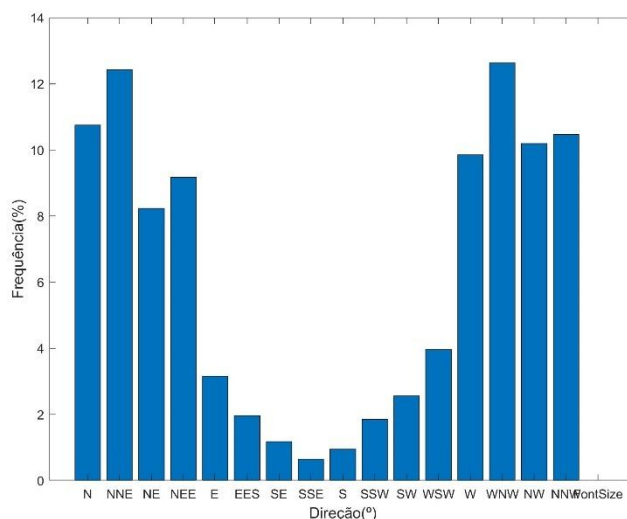
Figura 3.13_ Período de pico [Tp], Costa Este



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Quanto à direção da agitação, de acordo com a Figura 3.14 apresenta uma elevada variabilidade de rumos com predominância dos quadrantes W - N - E em particular de WNW com 13% e NNE com 12%.

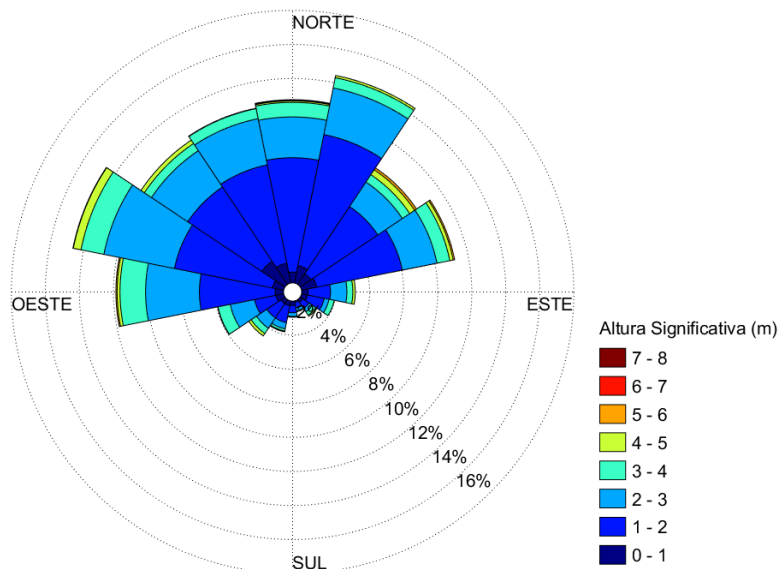
Figura 3.14_ Direção [Dir], Costa Este.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

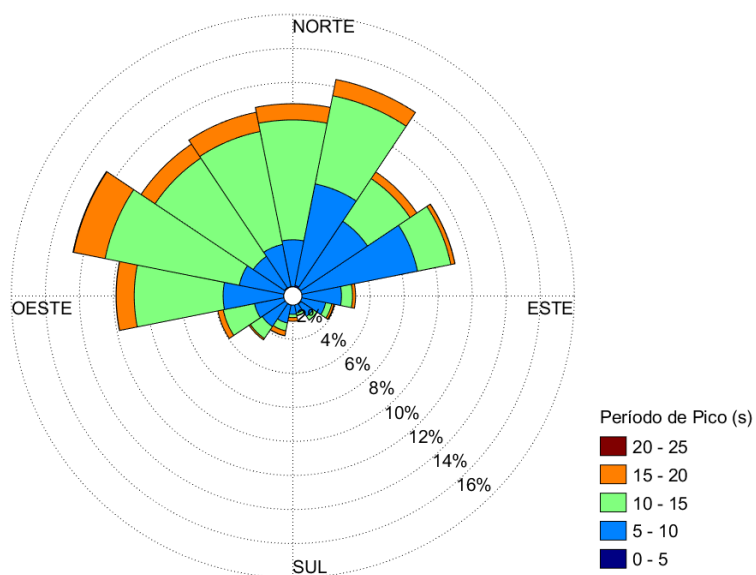
Ainda relativamente à direção verifica-se que as ondas de maior altura significativa e de período pico mais elevada, ocorrem de NNW e de NNE, apresentando ainda expressão a agitação de N (Figura 3.15 e Figura 3.16).

Figura 3.15_ Direção e altura significativa, Costa Este.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

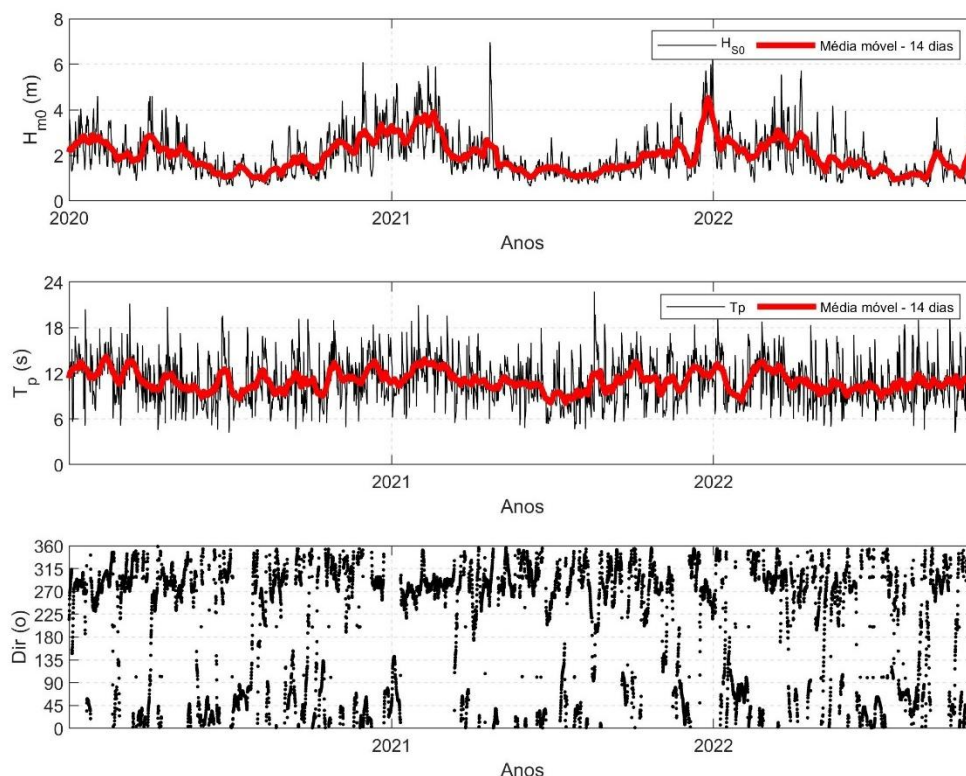
Figura 3.16_ Direção e período máximo, Costa Este.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

No que respeita à costa Sul, o ponto escolhido localiza-se [36,83° e -25,08] a cerca de 10 km da linha de costa. Dos dados disponíveis observa-se que o valor médio do terço das ondas mais altas, altura significativa (H_s), situa-se nos 1,97 m e o valor máximo próximo de 7,0 m.

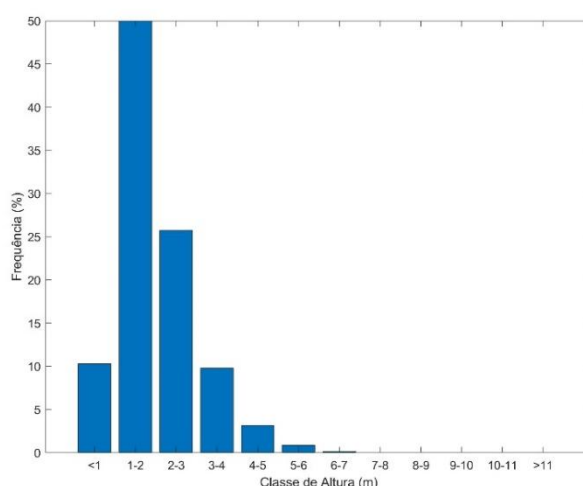
Figura 3.17_ Altura de onda significativa [H_{s0}], período de pico [T_p] e direção [Dir], Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Na Figura 3.18 verifica-se que cerca de 50 % da altura significativa da onda situa-se entre 1-2m, 26 % entre 2-3m. A percentagem de ondas superiores a 5m são cerca 1,5% do total dos registos.

Figura 3.18_ Altura de onda significativa [H_{s0}], Costa Sul.

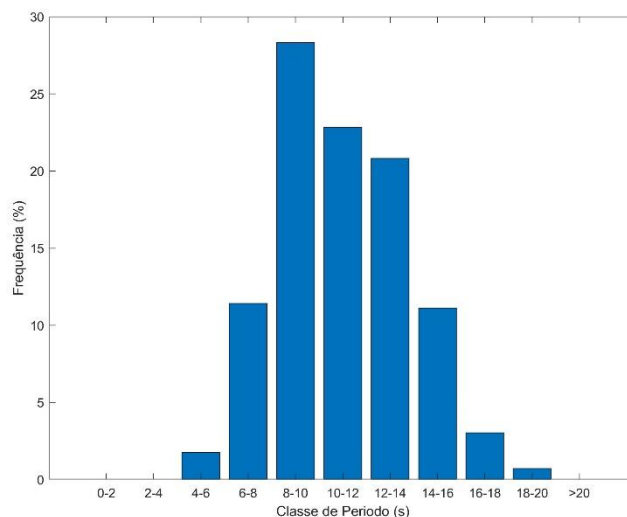


Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

No que respeita ao período pico, de acordo com os dados analisados observa-se que o valor máximo registado foi de 22.1 s, o valor mínimo de 4.2 s, situando-se o valor médio do período máximo na ordem do 11 s (Figura 3.19). De acordo com a análise por classes, verifica-se que as classes de período máximo

mais representativas são as de 8-10 s, 10-12 s e 12-14 s, com 28%, 23% e 21%, do total de registos analisados, respetivamente.

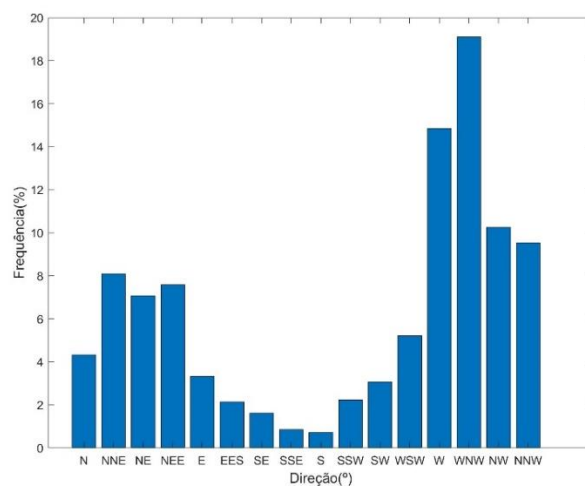
Figura 3.19_ Período de pico [Tp], Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Quanto à direção da agitação, de acordo com a Figura 3.20, apresenta predominância do quadrante W em particular de WNW com 19%, W com 15% e NW com 10%, respetivamente, perfazendo mais de 45% do total dos registos.

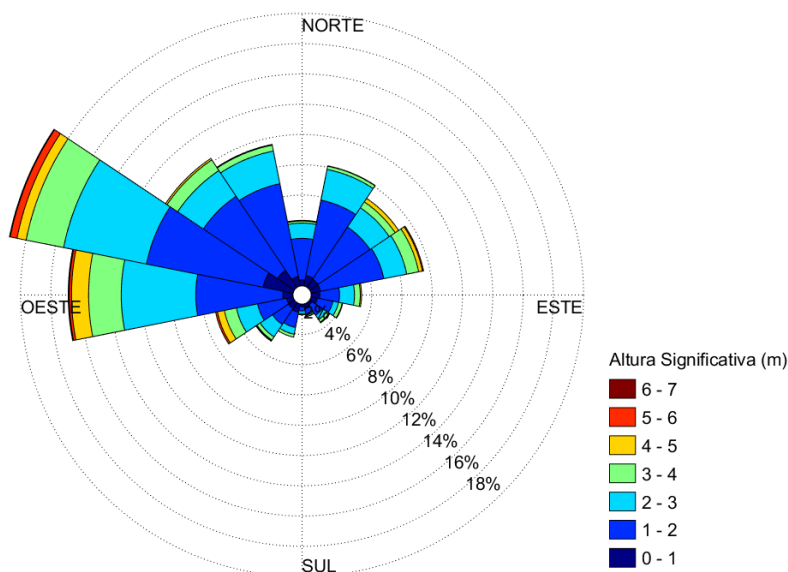
Figura 3.20_ Direção [Dir], Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

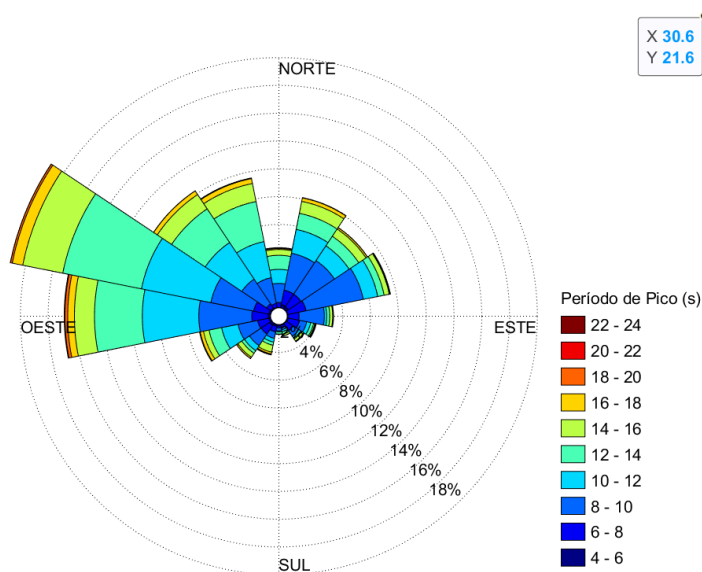
Ainda relativamente à direção verifica-se que as ondas de maior altura significativa e de período pico mais elevada, ocorrem de NNW e de W (Figura 3.21 e Figura 3.22).

Figura 3.21_ Direção e altura significativa, Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

Figura 3.22_ Direção e período máximo, Costa Sul.



Fonte: Copernicus Marine Environment Monitoring Service [CMEMS], Global Ocean Waves Analysis and Forecast.

3.5 Estruturas de Defesa Costeiras

As estruturas de defesa costeira são implantadas quando se pretende defender aglomerados urbanos ou infraestruturas, nomeadamente viárias, em relação às ações do mar: galgamentos pelas ondas, inundações resultantes dos galgamentos, infraescavações de fundações e erosões.

Na Figura 3.23 estão representadas as estruturas de defesa costeira no concelho de Vila do Porto, que contribuem para a artificialização da linha de costa, alterando as funções originais e potenciam a perda da zona intertidal natural. De acordo com os dados analisados e da visita de reconhecimento à área de estudo, verificou-se que as estruturas de defesa costeira de maior dimensão (estruturas de defesa aderente e muros de paramento marginais de retenção e de suporte de rodoviário) localizam-se no perímetro urbano das freguesias de Vila do Porto, Almagreira, Santo Espírito e Santa Barbara (Figura 3.24).

Figura 3.23_ Localização das estruturas de defesa costeira no concelho de Vila do Porto

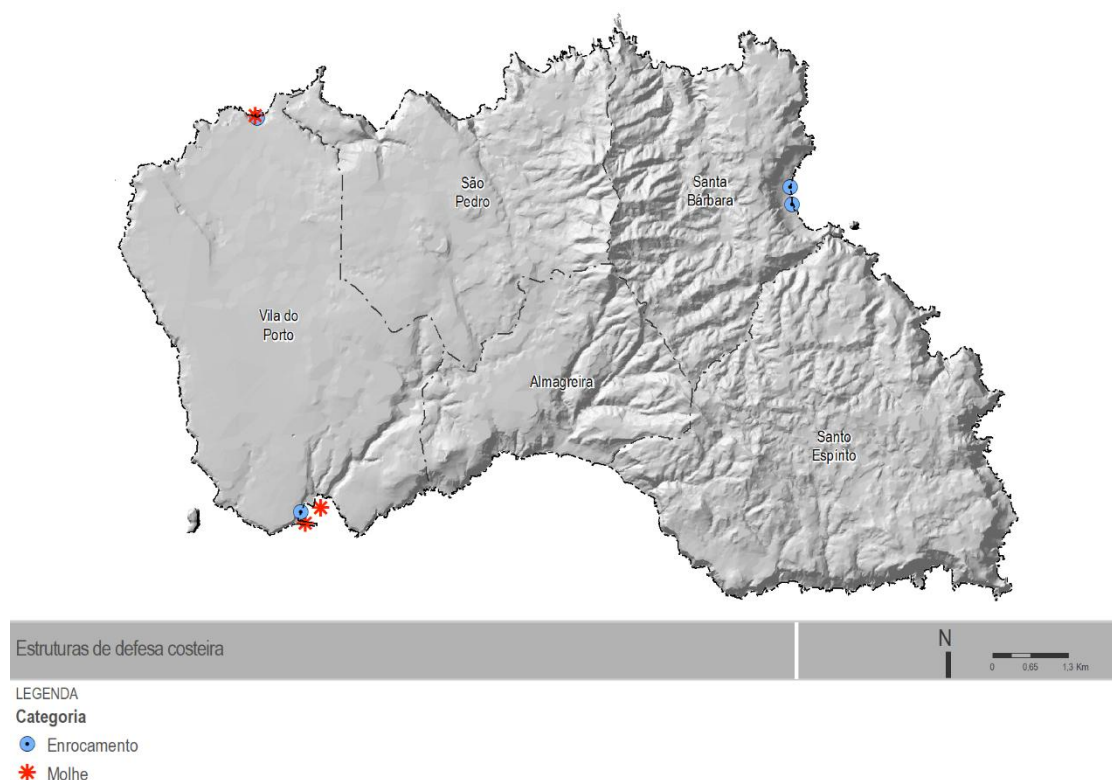


Figura 3.24_ Exemplo de estruturas de defesa costeira em frentes urbanas do concelho de Vila do Porto



Muro longitudinal de paramento vertical– Freguesia de Vila do Porto: Anjos.



Muro longitudinal de paramento vertical – Freguesia de Santo Espírito: Maia



Muro longitudinal de paramento vertical – Freguesia de Almagreira: Praia Formosa



Muro longitudinal de paramento vertical – Freguesia de Santa Bárbara: Baía de S. Lourenço

3.6 As infraestruturas portuárias

As infraestruturas portuárias existentes nas ilhas dos Açores são infraestruturas essenciais para o desenvolvimento económico da Região, podendo ser entendidas como zonas de costa artificializada que conduzem a eventuais alterações hidromorfológicas e hidrodinâmicas ao longo das zonas costeiras.

No que diz respeito ao concelho de Vila do Porto, de acordo com o Decreto Legislativo Regional n.º 17/94/A, de 18 de maio, alterado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 24/2011/A, de 22 de agosto, verifica-se que na área de estudo estão classificados como: Porto de Classe B, Porto de Pesca [2 – Classe D] e Portinhos [1 – Classe E], em conformidade com a Resolução do Conselho do Governo n.º 161/2016 de 23 de dezembro, bem como a Marina de Vila do Porto (Figura 3.25 e Figura 3.26).

Figura 3.25_ Localização das infraestruturas portuárias no concelho de Vila do Porto.

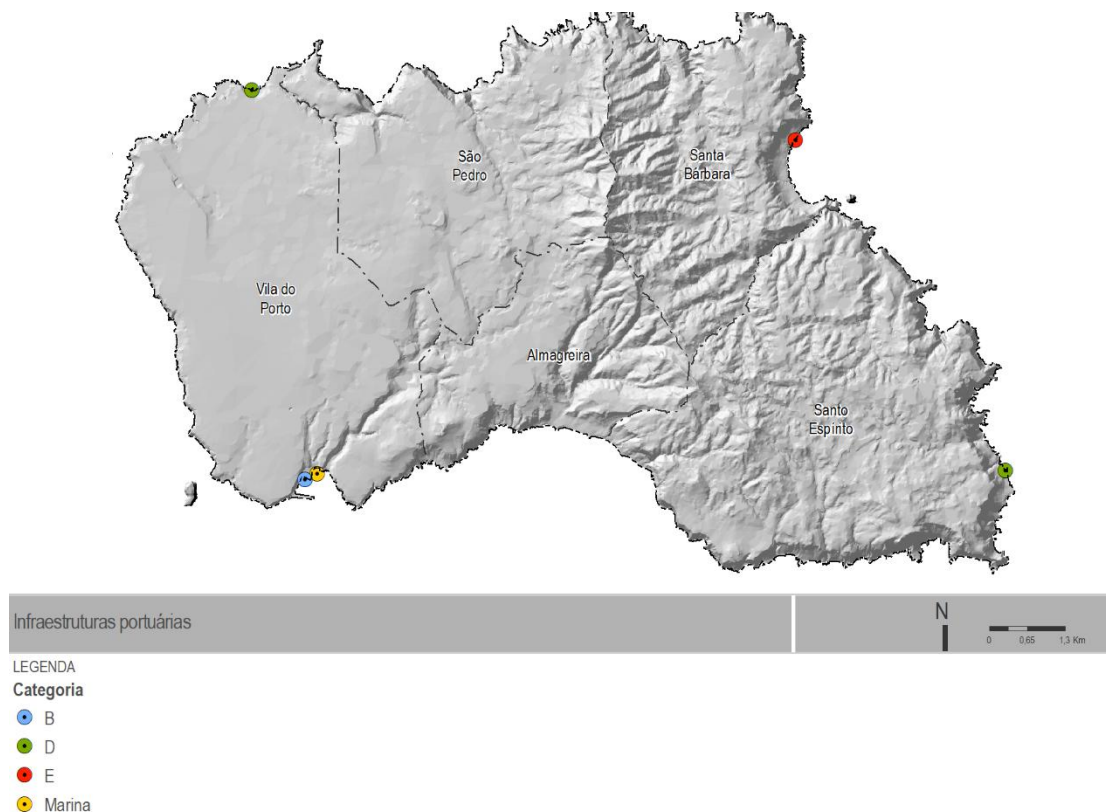
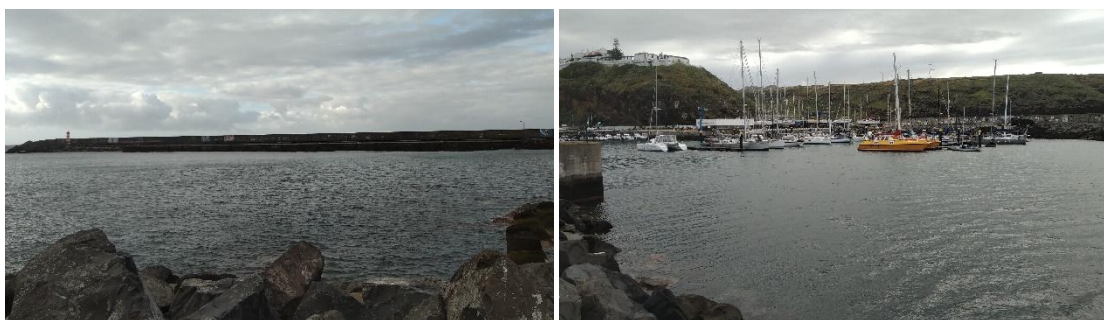
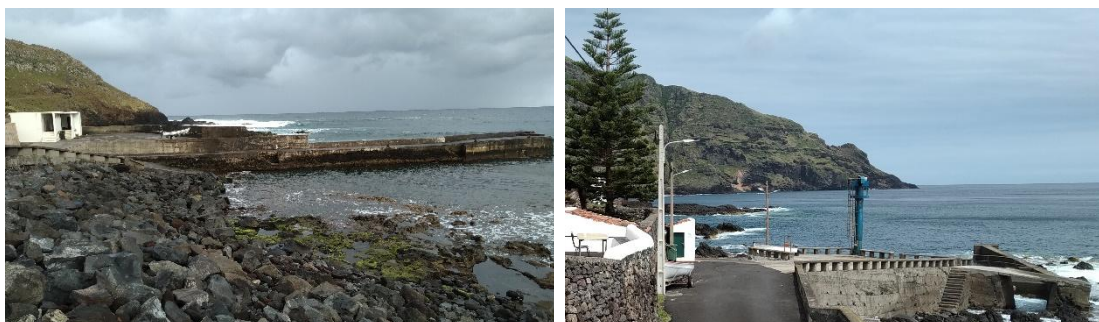


Figura 3.26_ Infraestruturas portuárias do concelho da Vila do Porto



Porto de Vila do Porto (Classe B)

Marina de Vila do Porto



Porto Anjos (Classe D) – Freguesia de Vila do Porto Porto Maia (Classe D) – Freguesia de Santo Espírito



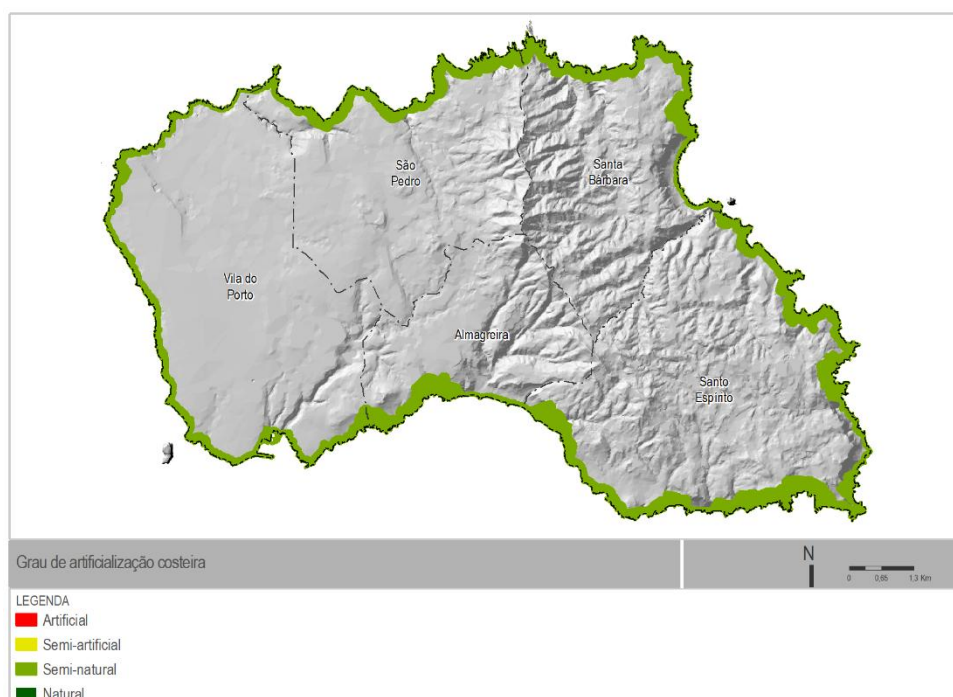
Portinho da Baía de São Lourenço – Freguesia da Santa Bárbara

3.7 Grau de Artificialização Costeira

O projeto da Direção Regional dos Assuntos do Mar (DRAM) de avaliação da artificialização das zonas costeiras da RAA analisa o nível e grau de artificialização destas áreas¹. De acordo com o referido estudo, o grau de artificialização foi calculado com base no quociente entre dois valores relativizados para determinados segmentos de costa: a percentagem de área “natural/artificial” e a percentagem de ocupação com a tipologia “alto” nível de artificialização (também calculado no âmbito desse projeto). Na expressão dos resultados adotaram-se quatro limiares distintos, ordenados numa sequência que representa o grau de artificialização da orla costeira, por troços, em: “natural”, “semi-natural”, “semi-artificial” e “artificial”.

Verificou-se, em coerência com o que se apresenta na (Figura 3.27) para a ilha de Santa Maria, a totalidade da zona costeira apresenta uma classificação num estado “semi-natural”.

Figura 3.27 _ Grau de artificialização costeira para o concelho de Vila do Porto.



Fonte: DRAM (2018)

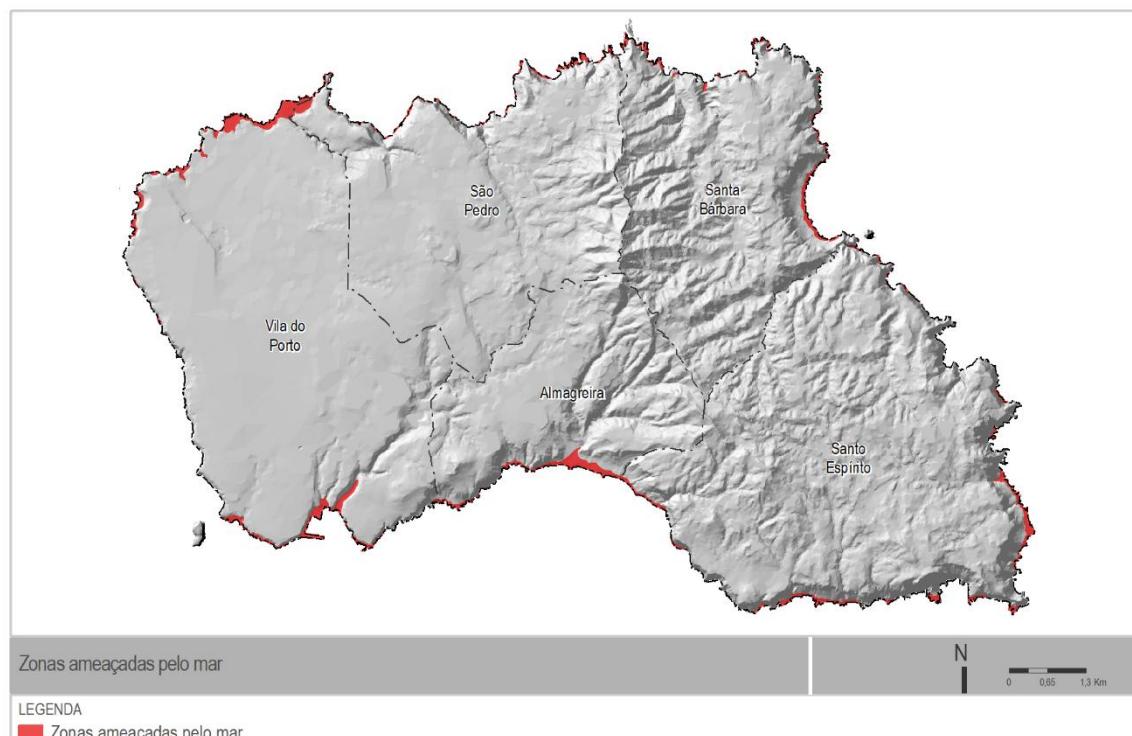
¹ SRMCT – DRAM (2018). *Inventariação das Zonas Costeiras para a Região Autónoma dos Açores – Relatório Final*. Março de 2018. 78pp

3.8 Estudo da Reserva Ecológica Regional - Zonas ameaçadas pelo mar

No âmbito do Estudo “Reserva Ecológica Regional - Caracterização dos Perigos em termos de Recursos Naturais e delimitação das respetivas Áreas Vulneráveis a considerar no Ordenamento do Território da RAA - E-RER, a delimitação das zonas ameaçadas pelo mar assentou nos *run-ups* definidos por Borges (2003) para os Açores e extrapolados para eventos extremos recentes, tempestade do século e eventos de natureza tsunamigénica (Figura 3.28). Assim, o limite superior correspondeu à cota dos 15m de altitude, como nível máximo da influência de um possível galgamento oceânico, enquanto o limite inferior correspondeu à linha dos 0m (zero metros) de altitude (ZT – Zero Topográfico) definidos pelo limite da linha de costa constante da cartografia oficial (Cartas Militares de Portugal do IGeoE – 1:25.000). Para além do referido, foram efetuados ajustamentos da metodologia geral adotada na delimitação efetuada para as zonas ameaçadas pelo mar nos casos abaixo identificados (E-RER, 2016):

- Quando as zonas ameaçadas pelo mar confinam com arribas e vertentes costeiras, a delimitação do seu limite superior estende-se até à base das arribas ou vertentes costeiras quando estas ultrapassam 15m de altitude;
- Quando as arribas e vertentes costeiras apresentam cotas abaixo dos 15m de altitude, a delimitação do limite superior das zonas ameaçadas pelo mar considerada sobrepõe-se à arriba ou vertente costeira até ao limite dos 15m de altitude;
- Quando nos troços de costa se verificarem arribas mergulhantes, as zonas ameaçadas pelo mar não foram delimitadas.

Figura 3.28_Zonas ameaçadas pelo mar – Estudo “Reserva Ecológica Regional – Caracterização dos Perigos em termos dos Recursos Naturais”, concelho de Vila do Porto



3.9 Instrumentos de Gestão Territorial, referenciais e estudos estratégicos

3.9.1 PRAC - Programa Regional para as Alterações Climáticas dos Açores - Impactes, Vulnerabilidades e Medidas de Adaptação para o Setor do Ordenamento do Território e Zonas Costeiras

A Estratégia Regional para as Alterações Climáticas (ERAC) identificou 12 Setores Estratégicos (SE) para a sua implementação, entre os quais se conta o Ordenamento do Território e Zonas Costeiras (OTZC) e que foram assumidos no âmbito do desenvolvimento do Programa Regional para as Alterações Climáticas dos Açores (PRAC) (publicado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 30/2019/A, de 28 de novembro).

Segundo o relatório desenvolvido para o Setor Ordenamento do Território e Zonas Costeiras (OTZC), que integra o PRAC, as zonas costeiras constituem espaços especialmente vulneráveis às alterações climáticas em virtude dos múltiplos impactes que se perspetivam, tais como a subida do nível do mar, a maior ocorrência de eventos climáticos extremos ou as mudanças nos níveis de salinidade e de temperatura dos oceanos.

Existem quatro realidades territoriais específicas que são simultaneamente prioritárias na ótica do ordenamento do território e da adaptação às alterações climáticas, designadamente:

- As orlas costeiras;
- As bacias hidrográficas de lagoas e ribeiras;
- As áreas fundamentais para a conservação da natureza e da biodiversidade;
- As zonas de risco.

Os Setores da Segurança de Pessoas e Bens, das Zonas Costeiras (integrado com o Ordenamento do Território), dos Recursos Hídricos e dos Ecossistemas e Recursos Naturais conferem inequívoco destaque às zonas de risco, às orlas costeiras, às bacias hidrográficas das lagoas e às áreas protegidas, como espaços onde a adaptação deverá merecer uma abordagem privilegiada.

No âmbito do ordenamento do território, as alterações climáticas incidem ao nível: estratégico, regulamentar, operacional e de governança territorial.

Assim, salienta-se que no relatório em questão, considerando a avaliação de vulnerabilidades atuais e futuras identificadas para os quatro setores estratégicos com os quais o Ordenamento do Território estabelece uma relação privilegiada, foram definidas 14 Medidas de Adaptação cujo principal objetivo é o de diminuir as vulnerabilidades analisadas, através da minimização dos potenciais impactes decorrentes das alterações climáticas. Estas medidas foram organizadas segundo cinco dimensões de operacionalização, sendo que na Tabela 3.4 apresentam-se as medidas relacionadas com a orla costeira.

Tabela 3.4 | Medidas de adaptação do PRAC relacionadas com a orla costeira.

| Tipo de Medida | Medida de Adaptação |
|--|---|
| Reduzir a vulnerabilidade no Setor Estratégico das Zonas Costeiras | Medida 6. Promover a gestão adaptativa da orla costeira, adequando o ordenamento deste território à incerteza e à evolução dos fenómenos climáticos. |
| | Medida 7. Reforçar as restrições ao uso e ocupação do solo nos troços costeiros com maior suscetibilidade ao galgamento e inundação. |
| | Medida 8. Reforçar a proteção costeira, conferindo prioridade à manutenção/adaptação de estruturas de proteção de aglomerados urbanos e de infraestruturas portuárias |
| | Medida 9. Reforçar a monitorização da orla costeira na RAA. |

Fonte: DLR n.º 30/2019/A

De acordo com o PRAC, que teve por base os resultados do estudo E-RER, 2016 e apresentados no ponto 3.8 do presente relatório, na ilha de Santa Maria as **zonas ameaçadas pelo mar** estendem-se à quase totalidade da respetiva linha de costa, com particular relevância na freguesia de Vila do Porto (Figura 3.29).

Em relação à **análise da vulnerabilidade costeira**, importa referir que no PRAC esta foi efetuada com base no Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) desenvolvido por Borges *et al.* (2014), que estabelece uma categoria de vulnerabilidade costeira com base em seis parâmetros concretos:

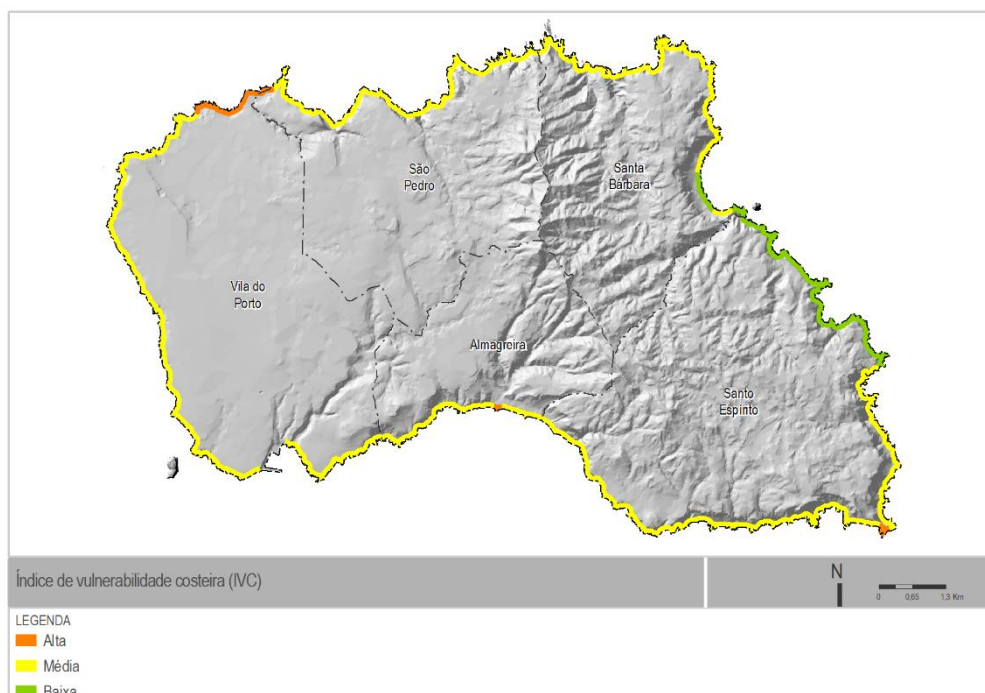
1. Tipo de arribas/vertentes costeiras;
2. Exposição à ondulação e tempestades;
3. Área de inundação;
4. Existência de defesas costeiras;
5. Tipo de praias;
6. Uso do solo.

Assim, e no âmbito deste plano, cada um destes parâmetros foi classificado numa escala que variava entre muito baixo (1) e muito alto (5), além de terem sido avaliados através de um processo semelhante ao de Borges *et al.* (2014), nomeadamente com recurso a:

- Trabalho de campo;
- Análise de fotografia área vertical e oblíqua;
- Análise de mapas de tipologia costeira e cartas topográficas e náuticas;
- Geoprocessamento em aplicações de cartografia digital.

A análise destes parâmetros permitiu identificar potenciais tendências evolutivas que, consequentemente, determinarão a dinâmica dos processos que afetam as áreas costeiras.

Figura 3.29_ Índice de vulnerabilidade costeira (IVC), concelho de Vila do Porto



Fonte: Adaptado DLR n.º 30/2019/A, 2019

Na ilha de Santa Maria, concelho de Vila do Porto, (Figura 3.29) a totalidade da extensão da faixa costeira apresenta uma classificação do nível de vulnerabilidade baixa” a “média”, com exceção da zona costeira dos Anjos, a norte e dois pequenos sectores na costa sul uma a oeste da Praia Formosa e na ponta do Castelo, com classificação de “alta”.

Em matéria de ordenamento do território e zonas costeiras, a **capacidade adaptativa** é o principal fator promotor da resiliência da Região às alterações climáticas. Neste contexto é necessário que o conhecimento gerado seja materializado em normas, medidas e ações que os IGT venham a incorporar no futuro por via da sua alteração ou criação.

3.9.2 PMEPC-PLP - Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila do Porto (2021)

O Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila do Porto, adiante designado por PMEPCVP, resulta da **necessidade de existir um planeamento prévio das operações de proteção civil** para que o resultado seja uma eficaz gestão das ações de emergência.

Este documento destina-se a caracterizar a multiplicidade de riscos de origem natural, tecnológica ou mista, dos quais se destacam no que diz diretamente respeito à zona costeira:

- Galgamentos costeiros (GC);
- Tsunamis (T);
- Erosão Costeira (EC).

De acordo com o PMEPCVP destacam-se o risco de galgamentos costeiros e o risco erosão costeira com risco moderado e o risco de *tsunamis*, com risco baixo.

3.10 Eventos Extremos – Ocorrências

São de seguida apresentados registos relativos a eventos extremos associados a ocorrências ao nível de galgamentos e inundações costeiras.

De notar que as limitações de existência de informação detalhada, sistematizada e devidamente documentada sobre essas ocorrências assumem-se como um constrangimento bastante significativo na gestão preventiva deste tipo de riscos e na monitorização da evolução das vulnerabilidades do território, pessoas e bens, pelo que se considera fundamental a implementação de mecanismos / ferramentas e procedimentos de recolha e registos de informação sistematizada e partilhada entre as diversas entidades com competência e intervenção nessas matérias e no território.

De acordo como os dados fornecidos, destacam-se em seguida as ocorrências na orla costeira:

| INVASÕES DE MAR – OCORRÊNCIAS NO CONCELHO DE VILA DO PORTO | | | | |
|--|-------|-----------|---------------|---|
| Data | Lugar | Freguesia | Concelho | Observações |
| 04/10/2005 | | | Vila do Porto | Tempestade subtropical atravessou o leste dos Açores,[8] produzindo rajadas de vento de 94 km/h na Ilha de Santa Maria. |
| 20/09/2006 | | | Vila do Porto | O furacão Gordon passou pelos Açores entre as ilhas de Santa Maria e São Miguel. |
| 20/08/2012 – Furacão Gordon | | - | Vila do Porto | Galgamento e Inundação da área adjacente. |

INVASÕES DE MAR – OCORRÊNCIAS NO CONCELHO DE VILA DO PORTO

| Data | Lugar | Freguesia | Concelho | Observações |
|---|-------|-----------|---------------|-------------|
| 21/09/2012 – Tempestade tropical Nadine | | | Vila do Porto | - |
| 14/01/2016 – Furacão Alex | | | Vila do Porto | - |
| 02/10/2019 Furacão Lourenço | | | Vila do Porto | - |

Fonte: Imprensa Nacional Câmara Municipal de Vila do Porto, 2005, 2022

4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

De acordo com o Relatório Metodológico apresentado anteriormente, e de forma a garantir a coerência e a integridade do racional lógico estabelecido para a prestação dos serviços, a abordagem metodológica é apresentada neste capítulo seguindo a estrutura de tarefas previstas no plano de trabalhos, nomeadamente:

1. Programação e estruturação conjunta do desenvolvimento do programa de trabalhos;
2. Caracterização e diagnóstico;
3. Determinação e avaliação de zonas/faixas costeiras suscetíveis de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras nos troços em análise no concelho de Vila do Porto;
4. **Apresentação de cartografia e relatório final.**

4.1 Determinação e avaliação de zonas/faixas costeiras com probabilidade de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras

De acordo com os modelos conceptuais do risco, a determinação depende da vulnerabilidade, da probabilidade de ocorrência/suscetibilidade e da exposição de pessoas e bens a um determinado fenómeno natural e antropogénico.

Neste estudo para a avaliação de zonas/faixas de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras, foi utilizado e determinado o parâmetro vulnerabilidade cruzando e tendo em consideração: [1] a espacialização da probabilidade de ocorrência de um determinado evento extremo numa dada área com base nos fatores condicionantes do terreno [suscetibilidade] e [2] a ocorrência de um evento extremo com uma determinada intensidade, associado a um grau de dano ou perda potencial de um elemento ou conjunto de elementos. De acordo com os dados consultados/disponíveis, foi considerado um evento extremo com um período de retorno de 100 anos, uma altura significativa da onda de 9m, com períodos entre os 10-13s.

Neste contexto, para a definição da vulnerabilidade foi utilizada uma metodologia adaptada às condições locais baseada em Coelho [2005] [desenvolvida para a zona centro de Portugal Continental – Ria de Aveiro], em Borges *et al.* [2014] [testada na ilha do Pico e anteriormente aplicada com êxito noutros territórios [Palmer *et al.*, 2011 e Davies, 2012]], e em RISC-KIT [2015] [Projeto europeu Grant Agreement No. 603458]. Assim, numa fase inicial, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Topografia;
- Geologia;
- Geomorfologia [Tipo de arribas/vertentes costeiras];
- Exposição à ondulação e tempestades;
- Altura de onda significativa;
- Amplitude de maré;
- *Run up* máximo [Cota máxima de espraçamento];
- Área de inundação/distância à linha de costa;
- Existência de estruturas de defesa costeiras e portuárias;
- Registo histórico de eventos de galgamento e inundação costeira e registo fotográfico;
- Registo histórico de eventos extremos [tempestades, agitação, etc.];
- Uso do solo.

Contudo, após análise dos dados fornecidos, ficou patente que a metodologia inicialmente prevista deveria

ser ajustada/adaptada aos dados disponibilizados, nomeadamente devido à sua indisponibilidade [carta geomorfológica] ou ao seu formato disponível [carta geológica em formato não editável], ao curto período de séries temporais de agitação e aplicabilidade dos dados. Assim, com base nos dados fornecidos, os parâmetros utilizados na determinação da vulnerabilidade e do risco de inundação e galgamento são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 | Parâmetros utilizados na determinação das faixas de inundação e galgamento

| Dados/informação fornecida | Parâmetros | Observação |
|--|---|---|
| Registo histórico de eventos de galgamento e inundação costeira recentes; | - | Análise da localização dos galgamentos, dano provocado e probabilidade de ocorrência. Os registos disponibilizados foram apresentados no Relatório de Caracterização de Diagnóstico, salientando-se o que a primeira ocorrência com registo é de 2017, e a descrição dos danos e áreas afetadas nem sempre apresenta o detalhe adequado [identificação dos locais, características da tempestade, da agitação, danos, extensão da área de inundação]. |
| Registo histórico de eventos extremos recentes [tempestades, agitação, etc.] | - | Análise das condições de agitação marítima [altura de onda, período e rumo], onde se registou a ocorrência de galgamento e inundação. Reduzido número de eventos extremos e com pouco detalhe. Falta de um catálogo/série de eventos extremos. |
| Modelo Digital do Terreno local | Topografia; Declive; Exposição da costa à agitação | Dados topográficos de elevada qualidade e resolução, mas não referenciados à superfície do geoide (Datum) [nível médio das águas do mar], levando a um conjunto de procedimentos adicionais (respetiva conversão). |
| Batimetria local | Transformação da agitação | Dados batimétricos com resolução espacial reduzida não representando a realidade local, dificultando o estudo da aproximação da agitação à costa. |
| Cadastro de estruturas de defesa costeira e respetiva tipologia das obras | Estruturas de defesa e infraestruturas portuárias | Tipologia de obra e materiais utilizados. Informação sobre as infraestruturas de defesa costeira e portuária incompleta, em particular no que respeita aos aspetos construtivos como a implantação, inclinação de taludes, materiais utilizados nos taludes internos e externos destas infraestruturas, essencial para estimar o valor do <i>run-up</i> . |
| Carta de Ocupação do Solo dos Açores – COS.A/2018 | - | Utilizada na determinação do risco. As classes do nível III da COS.A/2018, tendo em consideração o nível de detalhe do presente trabalho, são muito abrangentes, como por exemplo a subclasse “Rocha Nua” que inclui tanto zonas rochosas naturais ou construídas (infraestruturas de defesa), influenciando de modo significativo os resultados dos graus de risco obtidos, pelo que para o presente trabalho seria necessário um nível de detalhe das categorias da COS.A/2018 ainda mais pormenorizado do que o existente atualmente. Neste âmbito a Equipa Técnica, realizou uma análise da COS.A/2018 e fotografia aérea recente - fotointerpretação - tendo realizado ajustado a classe de ocupação de solo sempre que se observava uma alteração da ocupação do solo (secção 3.1.2) |
| Registos de agitação | Análise da altura significativa da onda; Período máximo e rumo dominante da agitação; <i>Run-up</i> | Utilizados trabalhos académicos, dados da boia ondógrafo Faial/Pico (2012-2022) e dados de Copernicus Marine Services (https://marine.copernicus.eu/), Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) - Global Ocean Waves Analysis and Forecast (2019-2022) Falta de séries temporais de agitação com um período superior a 30 anos. |
| Registo de marés astronómicas e meteorológicas [<i>Storm Surge</i>] | Considerada amplitude de maré: 2m; Maré meteorológica: 0.5m | O litoral açoriano é na sua maior extensão [<i>open coasts</i>] um tipo de costa que, segundo Carter [1999], diminui a energia dos efeitos de sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica [<i>storm surge</i>] que raramente excedem os 0,5-0,6 m de diferença de nível, independentemente da intensidade da depressão meteorológica forçadora [Borges, 2003]. Este facto, é ilustrado pela tempestade de 25 de dezembro de 1996, que atingiu a costa sul da ilha de São Miguel, com ondas registadas de 12 m, gerou uma <i>storm surge</i> de 0,27 m, de acordo com registos do marégrafo do porto de Ponta Delgada [Borges, 2003; Ng et. al, 2014]. |

| Dados/informação fornecida | Parâmetros | Observação |
|-----------------------------------|---|--|
| Linha de Costa | Determinação da distância à linha de costa: 10m, 20m, 30m e 100m. | Foi considerada a linha de cota zero da cartografia em fase de homologação do Município de Vila do Porto como linha de base. |
| Outra informação relevante | | |
| Carta Geológica | - | Não disponível |
| Carta Geomorfológica | - | Não disponível |

4.1.1 Zonas/faixas de vulnerabilidade de galgamentos e inundações costeiras

Para a determinação de vulnerabilidade de galgamentos e inundações costeiras, cada um dos parâmetros considerados na metodologia foi classificado numa escala que varia entre muito baixo [0] e muito alto [8], recorrendo a trabalho de campo, análise de imagens de satélite e fotografia aérea, análise de mapas de tipologia costeira e cartas topográficas, bem como geoprocessamento em aplicações de cartografia digital.

A topografia é uma das principais características na avaliação da vulnerabilidade da zona costeira. Neste trabalho foi adotada uma classificação de vulnerabilidade associada à altitude dividida em cinco categorias, variando entre [Coelho, 2005]:

- >25m – classificada como muito baixa [0];
- 25-15 - classificada como baixa [2];
- 15-10 - classificada como moderada [4];
- 10-5 - classificada como elevada [6];
- 5m – classificada como muito elevada [8].

Quanto ao declive, um dos parâmetros importantes no que toca ao run-up, foi adotada uma classificação de vulnerabilidade associada aos declives [em graus] dividida em cinco categorias:

- >60° - classificado como muito baixo [0];
- Entre 60° – 40° - classificado como baixo [2];
- Entre 40°-20° - classificado como moderado [4];
- Entre 20°-10° - classificado como elevado [6];
- <10° – classificado como muito elevado [8].

O parâmetro relativo à exposição à ondulação dominante e às tempestades indica a vulnerabilidade aos eventos extremos. Borges et al. [2014], considerou a ondulação de Oeste [W] a Noroeste [NW] [315°] e as ondas de tempestade de Sudoeste [SW] [225°], uma vez que correspondem à orientação da ondulação dominante e dos eventos extremos [Borges, 2003; Andrade et al., 2008; Ng, 2013; SGPA, 2015].

Neste estudo foram avaliados os rumos dominantes da agitação, tendo em consideração a relação ao rumo dominante, à orientação da zona costeira e à orientação batimétrica da Costa Norte (Anjos – Farolim da Ponta Norte), Costa este (- Ponta do Castelo) e Costa Sul (Ponta do Castelo – Vila do Porto) do concelho de Vila do Porto e, deste modo, atribuídos fatores de ponderação para cada uma das áreas de acordo com as orientações consideradas dominantes, conforme apresentado na Tabela 4.2. De referir que nesta componente, para cotas iguais ou superiores a 15m de altitude, o fator de ponderação foi classificado com muito baixo [0].

Tabela 4.2 | Rumos/Direção da agitação consideradas e respetiva ponderação, utilizadas na determinação de faixas de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira.

| Local | Rumo/ Direção [°] | | | | | | | |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | N [337,5-22,5] | NE [22,5-67,5] | E [67,5-112,5] | SE [112,5-157,5] | S [157,5-202,5] | SW [202,5-247,5] | W [247,5-297,5] | NW [297,5-337,5] |
| Costa norte | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 8 |
| Costa este | 8 | 6 | 4 | 4 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Costa sul | 4 | 4 | 2 | 2 | 6 | 6 | 8 | 8 |

Relativamente à altura de onda significativa e amplitude de maré [astronómica e meteorológica], foram analisados os registos históricos de agitação e de marés disponíveis e de ocorrência de eventos extremos, tendo por base dados de Copernicus Marine Services (<https://marine.copernicus.eu/>), Global Ocean Waves Analysis and Forecast (2019-2022), e em trabalhos científicos. Foram tidos ainda em consideração os registos da boia ondógrafo de Ponta Delgada.

Nesta medida, com base na informação analisada (Relatório 2 e no contexto global dos Açores), para a determinação da vulnerabilidade de galgamentos e inundações costeiras, considerou-se um período de retorno de 100 anos, conceito associado a uma probabilidade de ocorrência baixa mas a eventos extremos de elevada intensidade, com uma altura de onda significativa de 9m e períodos entre os 10-13s.

Recorrendo a diferentes formulações, designadamente as de Holman, 1986; Mase, 1989; Stockdon et al., 2006; e Teixeira, 2009, estimou-se o run-up máximo.

Tabela 4.3 | *Run-up* calculado com base nas expressões Holman, 1986; Mase, 1989, Stockdon et al., 2006, Teixeira, 2009, utilizadas na determinação de faixas de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira.

| Parâmetros de base | | | | | <i>Run-up</i> máximo | | | | Média [m] |
|--------------------|--------|---------------|------------------|---------------------------------|----------------------|---|--|-----------------|-----------|
| T [s] | Hs [m] | Preia-Mar [m] | Sobrelevação [m] | Subida nível do mar [CMIP6] [m] | Mase [1989] / [m] | Holman [1986] / [m] [agitação ao largo] | Stockdon et al., [2006] / [m] [$\xi \geq 0.3$] | Teixeira [2009] | |
| 10 | 9 | 2 | 0,5 | 0,7 | 21,3 | 13,3 | 13,2 | 14,0 | 15,5 |
| 11 | 9 | 2 | 0,5 | 0,7 | 22,6 | 14,2 | 14,2 | 15,1 | 16,5 |
| 12 | 9 | 2 | 0,5 | 0,7 | 23,8 | 15,0 | 15,2 | 16,2 | 17,6 |
| 13 | 9 | 2 | 0,5 | 0,7 | 25,0 | 15,8 | 16,2 | 17,3 | 18,6 |

Nota: ξ – número de Iribarren

Ao valor obtido foi adicionado o valor de preia-mar de águas-vivas, 2m, a sobrelevação da maré meteorológica, 0,5m e a subida do nível do mar prevista para o cenário SSP5 – 8.5 do *Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC], para o período 2081-2100, 0,7m. Com base nos valores obtidos foi atribuída uma classificação ao run-up com base na cota máxima:

- >20m – classificada como muito baixa [0];
- Entre 20m – 15m – classificada como baixa [2];
- Entre 15m – 10m – classificada como moderada [4];
- Entre 10m – 5m – classificada como elevada [6];
- ≤5 – classificada como muito elevada [8].

No que toca à área inundada, o seu cálculo teve como ponto de partida a cota topográfica de 7m, condição considerada como valor de referência do *run-up* modal em eventos extremos [Borges e Andrade, 1999;

Borges, 2003]. Neste contexto, e de acordo com Borges *et al.* [2014], a área de inundação foi determinada para uma faixa de 100m para terra, uma vez que este valor corresponde à distância modal de máxima penetração em terra para tempestades costeiras [Borges e Andrade, 1999]. Assim, neste trabalho foi atribuído um fator de ponderação relativamente à distância da linha de costa, designadamente:

- >100m – classificada como muito baixa [0];
- Entre 100-30m – classificada como baixa [2];
- Entre 30 - 20m – classificada como moderada [4];
- Entre 20-10m – classificada como elevada [6];
- <10m – classificada como muito elevada [8].

No que diz respeito às estruturas de defesa costeiras, a sua função é a proteção da costa e, consequentemente, a redução da vulnerabilidade da faixa onde se encontram. Neste fator foram tidos em consideração a configuração das estruturas de defesa costeira ou portuárias, nomeadamente perfil/declive, materiais de construção/rugosidade, largura da berma e direção da onda incidente [RISC-KIT, 2015]. Contudo a informação para a caracterização das estruturas de defesa costeiras carece de pormenorização, como referido anteriormente, tendo sido adotada uma simplificação da classificação, considerando os registos de eventos extremos, o posicionamento relativamente à linha de costa e o efeito de dissipação da energia da onda na faixa costeira adjacente (com 30 m de largura) à implantação da obra de defesa ou infraestrutura portuária, nomeadamente:

- Estruturas de defesa costeira de paramento vertical com berma em enrocamento ou infraestrutura portuária com taludes suaves, com manto em enrocamento/tetrápodes/antifer, localizadas em primeira linha de interação com a agitação marítima – classificada como **muito elevada [8]**;
- Estruturas de defesa costeira de paramento vertical com berma em enrocamento ou infraestrutura portuária com taludes suaves, com manto em enrocamento/tetrápodes/antifer, localizadas no interior de áreas portuárias ou faixas adjacentes às estruturas de defesa costeira em primeira linha – classificada **elevada [6]**;
- Faixas adjacentes às estruturas de defesa costeira e infraestruturas portuárias localizadas no interior de áreas portuárias – classificada **moderada [4]**;

De referir que as praias apresentam particular vulnerabilidade à energia da ação forçadora das ondas do mar, mas também podem constituir uma zona tampão de dissipação dessa energia.

As grelhas/matrizes obtidas foram reclassificadas sempre que necessário, de acordo com a metodologia definida. Utilizando estes dados grelha/matriciais [topografia, declive, exposição, *run-up*, infraestruturas de defesa costeiras e portuárias e distância à linha de costa] e recorrendo à análise matricial, foi efetuada a soma dos diversos parâmetros e dividida pelo número de grelhas/matrizes utilizados (6).

A matriz obtida foi reclassificada em quatro níveis de vulnerabilidade, considerando-se:

- [0 - <1] – Nula;
- [1 - <3] – Baixa;
- [3 - <5] – Moderada;
- [> 5] – Elevada.

Estes quatro níveis de vulnerabilidade são apresentados cartograficamente no Capítulo 5 e Anexo I.

4.1.2 Zonas/faixas de risco de galgamentos e inundações costeiras

Para a determinação de zonas/faixas de risco de galgamentos e inundações costeiras, para as quatro áreas em análise foram considerados os parâmetros de exposição, considerando e adaptando a metodologia de Coelho [2005], tendo em consideração quatro grupos:

- Exposição humana – Quantificada em função da densidade populacional das áreas em estudo.

Áreas de maior densidade populacional terão maior risco. A sazonalidade da ocupação/exposição humana também é um fator importante a incorporar.

- Exposição económica – Quantificada em função das atividades e número de estabelecimentos afetos a atividades económicas [turismo, pesca, agricultura, zonas portuárias, serviços, entre outros].
- Exposição ambiental – O património ecológico deve ser mantido. As alterações das características das zonas costeiras devem ser avaliadas considerando os ecossistemas costeiros ameaçados ou não pela ocorrência de eventos extremos.
- Exposição patrimonial – À semelhança do património ecológico, o património cultural deve ser mantido, dado que representa a história e a cultura de uma região [faróis, fortificações de defesa, infraestruturas industriais, entre outros].

Para o efeito foi utilizado o ARCGIS, recorrendo às funções cálculo de álgebra matricial, obtendo faixas de risco para os cenários considerados, representação em mapas.

No que respeita à avaliação de risco, foram cruzadas as zonas/faixas de vulnerabilidade obtidas anteriormente [4 níveis] com a Carta de Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores de 2018 [COS.A/2108], obtendo-se as zonas/faixas de risco.

De referir, que tendo-se verificado que alterações às classes de uso do solo definidas na COS.A/2018, dada a dinâmica de uso do solo observada na área em estudo no decorrer do trabalho de campo, foi efetuado uma avaliação da alteração das classes de ocupação de solo que constam na COS.A/2018, complementada com fotointerpretação de imagens de satélite/fotografia aérea. Desta avaliação a Equipa Técnica constatou a necessidade de alterar a classe de uso de solo e/ou de realizar o ajustamento da delimitação/polígono da respetiva classe em algumas das áreas em estudo, sendo designada doravante COS.A/2018 ET. Esses ajustamentos são apresentados nas figuras seguintes.

Figura 4.1_Carta de ocupação do solo 2018 [DRA, 2018] e ajustamentos realizados para o setor da zona portuária/ Baía de Vila do Porto – nível 3.

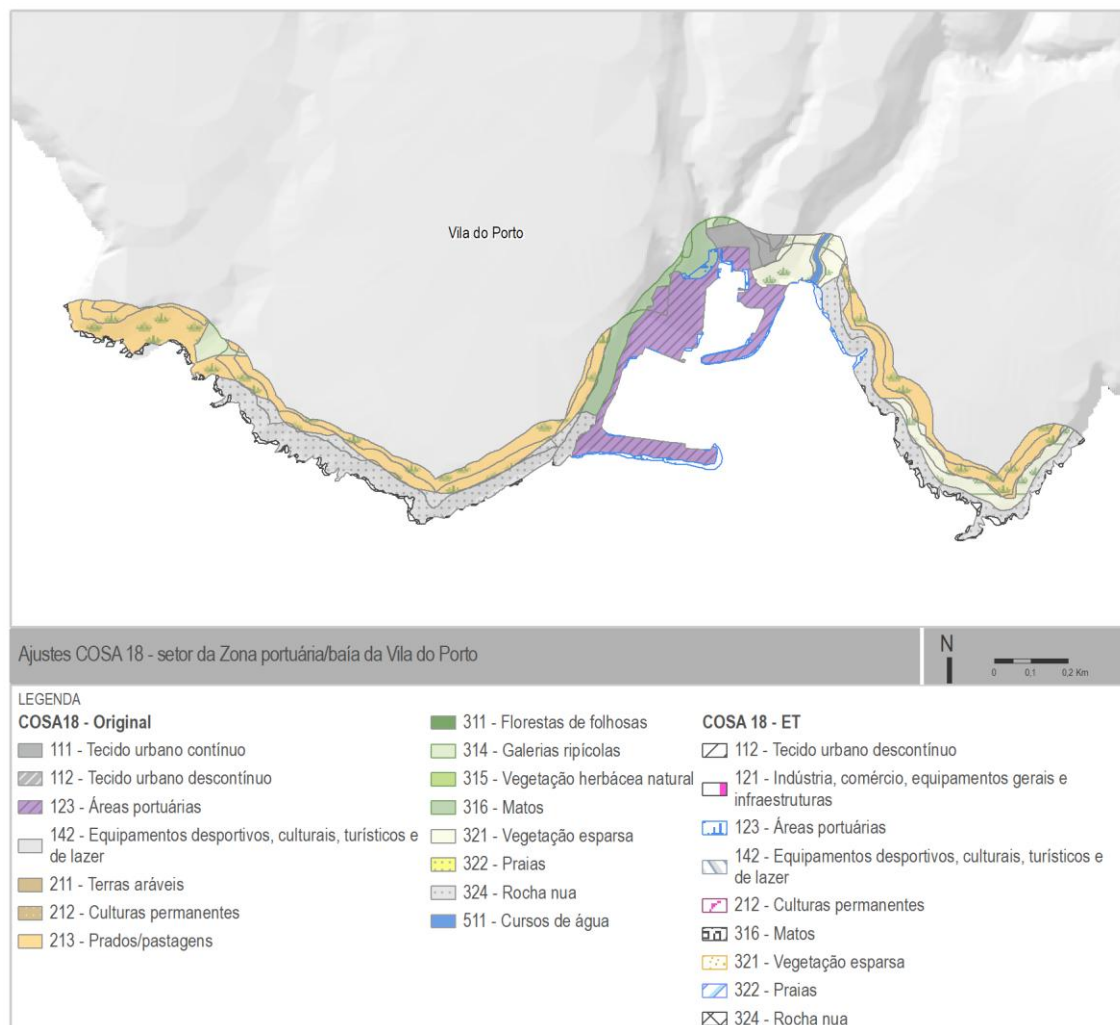


Figura 4.2 - Carta de ocupação do solo 2018 [DRA, 2018] e ajustamentos realizados para o setor da Praia Formosa – nível 3.

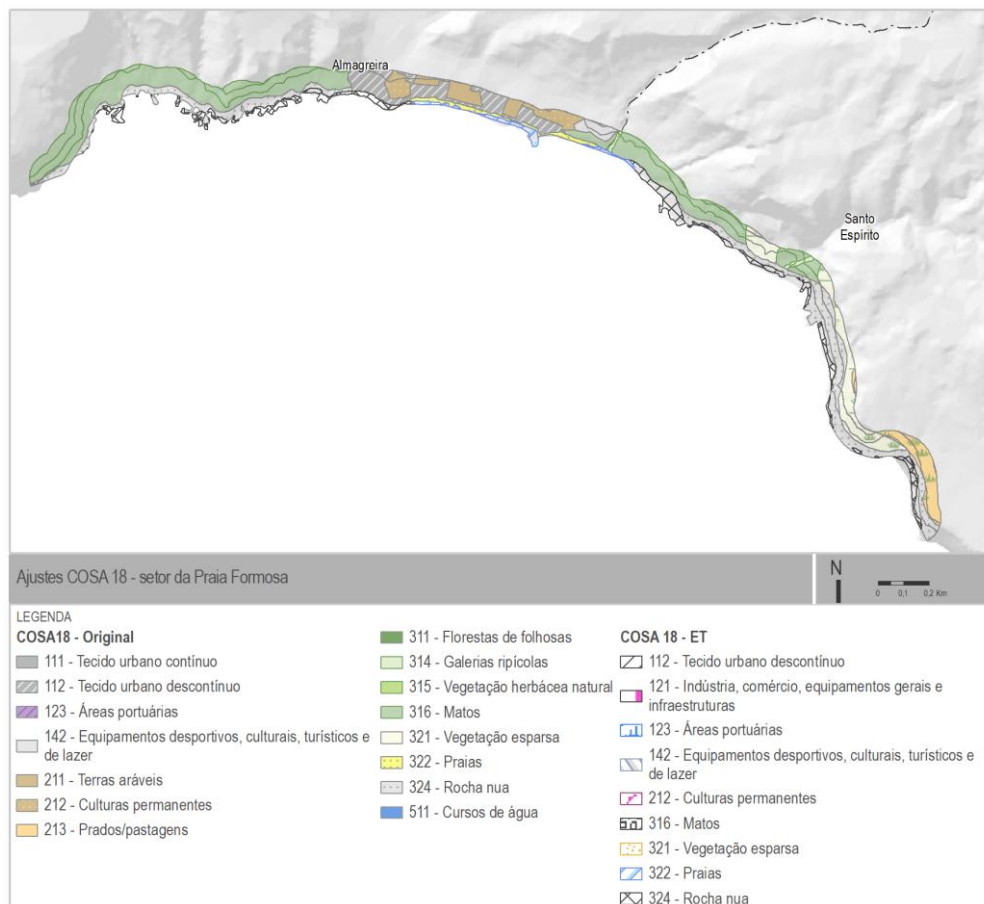


Figura 4.3 - Carta de ocupação do solo 2018 [DRA, 2018] e ajustamentos realizados para o setor da Maia – nível 3.

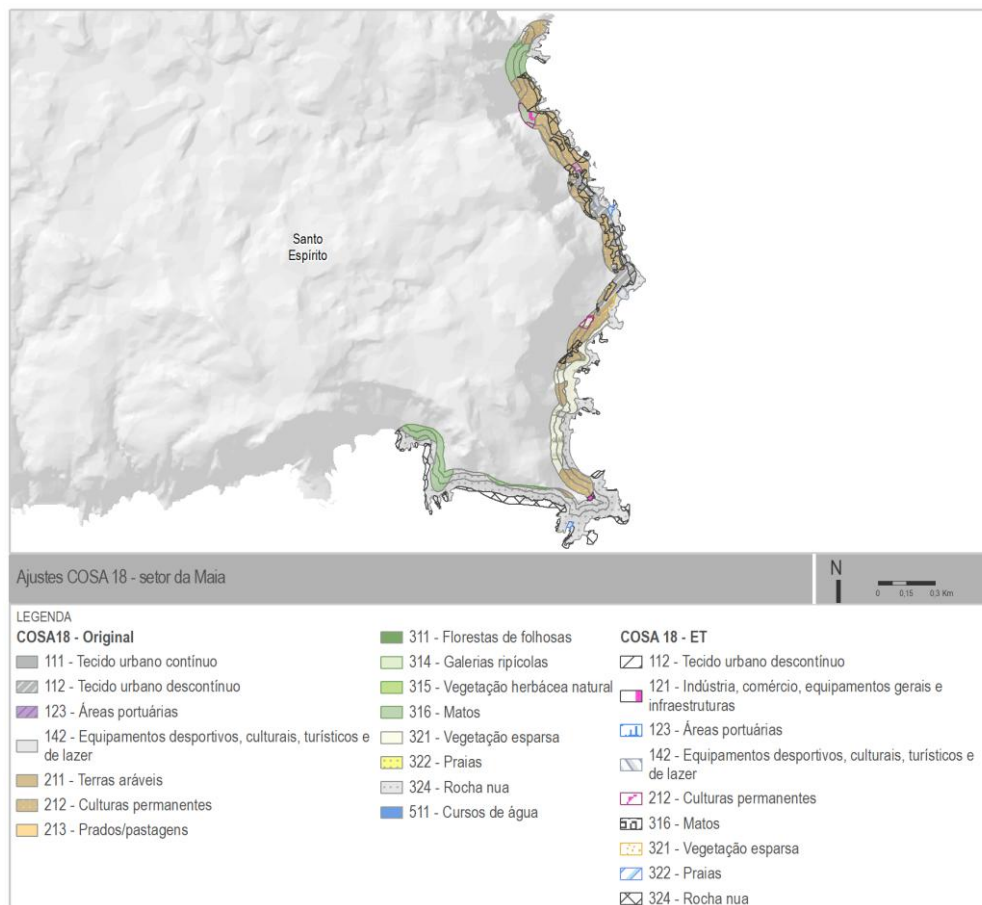


Figura 4.4 - Carta de ocupação do solo 2018 [DRA, 2018] e ajustamentos realizados para o setor da Baía/Praia de São Lourenço – nível 3.

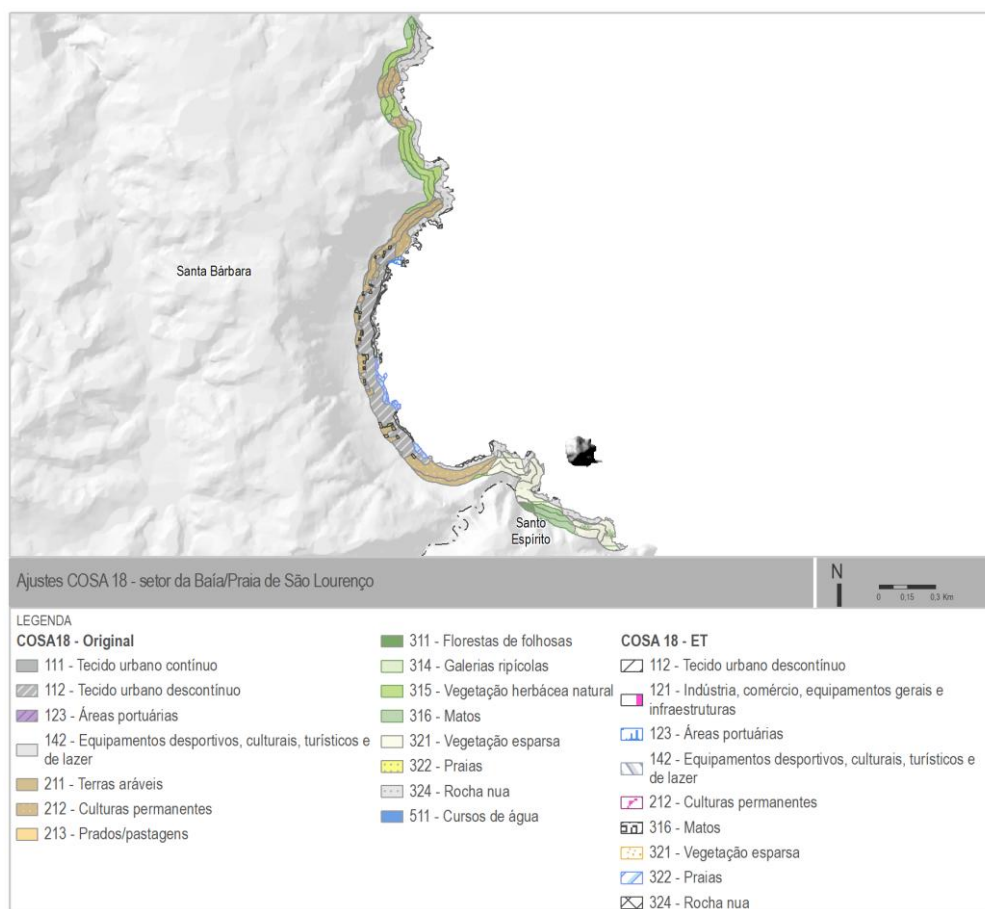
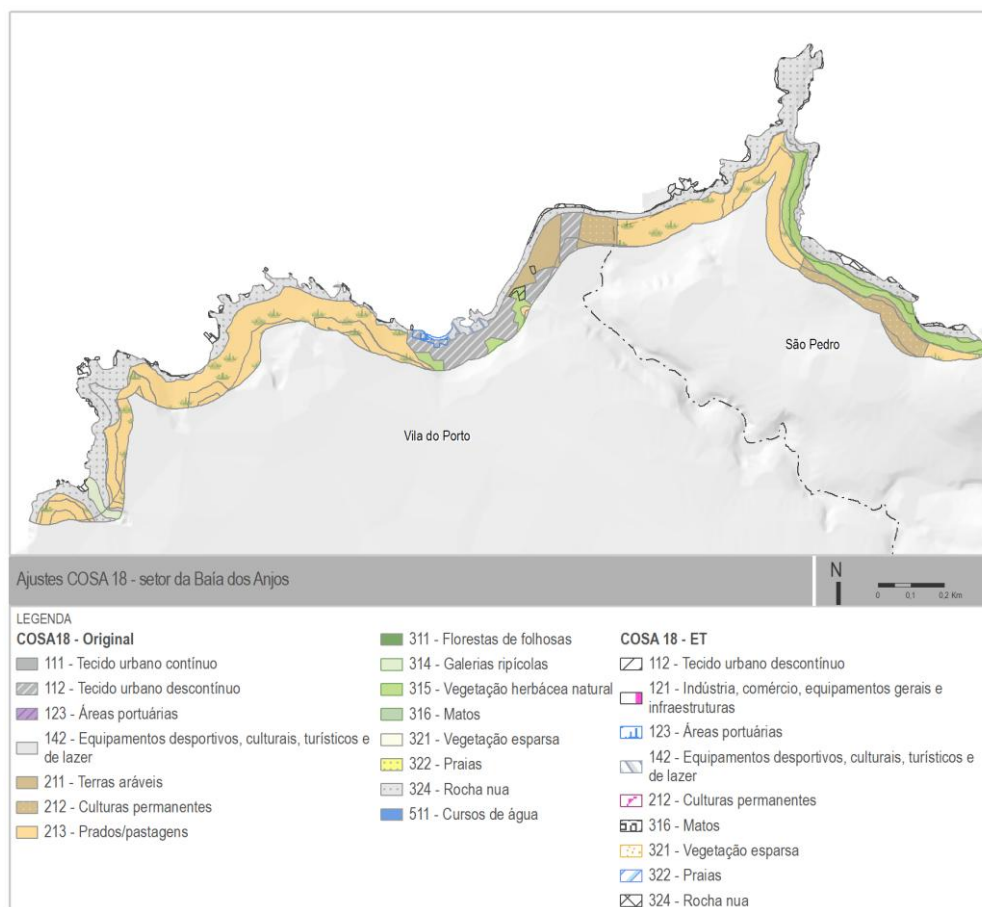


Figura 4.5 - Carta de ocupação do solo 2018 [DRA, 2018] e ajustamentos realizados para o setor dos Anjos – nível 3.



Posteriormente, foram classificadas as tipologias de ocupação do solo em 5 níveis, tendo em consideração a possível exposição a danos [humanos, económicos, ambientais ou patrimoniais]. Nesta fase foi determinado o risco usando a COS.A/2018 com os ajustes efetuados pela Equipa Técnica [COS.A/2018 ET] numa faixa de 100 metros para terra, sendo atribuída uma ponderação de acordo com o grau de exposição e morfologia da costa.

Neste contexto, para zonas costeiras sem arriba e com elevação inferior a 20 m:

- Zonas de rocha nua [sem infraestruturas ou tecido urbano na envolvente] - Exposição nula [0];
- Florestas, matos, vegetação herbácea natural e vegetação esparsa - Exposição baixa [2];
- Zonas agrícolas, terras aráveis, culturas permanentes, prados/pastagens, áreas agrícolas heterogêneas - Exposição moderada [4];
- Zonas com equipamentos desportivos, culturais, turísticos e de lazer - Exposição elevada [6];
- Rocha nua [com infraestruturas ou tecido urbano na envolvente], Indústria, comércio, atividades extrativas, tecido urbano (contínuo e descontínuo), infraestruturas costeiras, infraestruturas portuárias, aeroportos, áreas em construção - Exposição muito elevada [8].

Para zonas costeiras de arriba com elevação superior a 20m, dado que a energia da onda é dissipada significativamente na arriba, no processo de rebentação da onda, foram consideradas três faixas [20m, 30m e 50m] para terra, tendo como base a curva de nível de 20m, considerando-se um decaimento do grau de exposição de acordo com o definido na Figura 4.6 e na Tabela 4.4.

Figura 4.6 – Representação esquemática grau de exposição para zonas costeiras de arriba superiores a 20m.

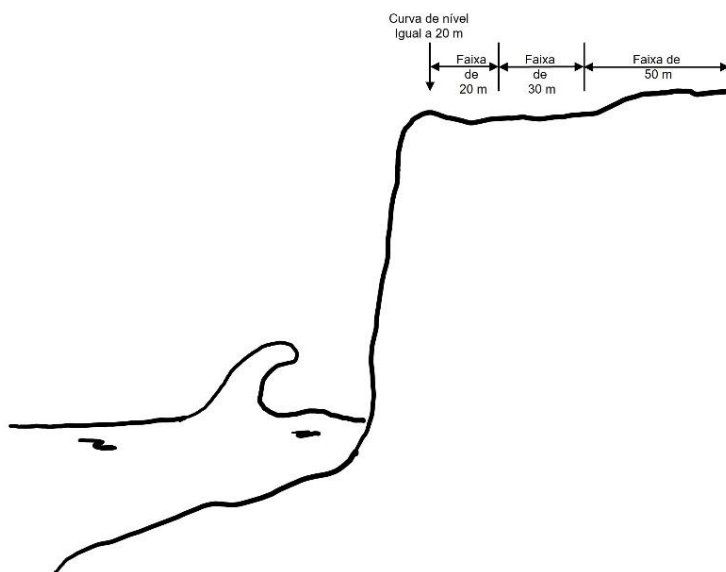


Tabela 4.4 | Grau de exposição para zonas costeiras de arriba superiores a 20m.

| COSA18 | | | | Grau de Exposição | | |
|---|--|--|--|-------------------|-----------|-----------|
| | | | | Faixa 20m | Faixa 30m | Faixa 50m |
| Zonas de rocha nua (sem infraestruturas ou tecido urbano na envolvente) | | | | 0 | 0 | 0 |
| Florestas, matos, vegetação herbácea natural e vegetação esparsa | | | | 2 | 0 | 0 |
| Zonas agrícolas, terras aráveis, culturas permanentes, prados/pastagens, áreas agrícolas heterogêneas | | | | 4 | 2 | 0 |
| Zonas com equipamentos desportivos, culturais, turísticos e de lazer | | | | 6 | 3 | 0 |
| Rocha nua (com infraestruturas ou tecido urbano na envolvente)], Indústria, comércio, atividades extrativas, tecido urbano (contínuo e descontínuo), infraestruturas costeiras, infraestruturas portuárias, aeroportos, áreas em construção | | | | 8 | 4 | 0 |

Por sua vez, em conformidade com o princípio metodológico apresentado para a determinação do risco, foi efetuada uma análise matricial somando a COS.A/2018 ET, com a Carta de Vulnerabilidade obtida, dividida pelo número de grelhas/matrizes utilizadas [2].

Seguidamente foi realizada uma reclassificação da grelha/matriz resultante, obtendo-se, assim, as faixas de risco de galgamento e inundação costeira estruturadas em 4 níveis: Nulo; Baixo; Moderado; Elevado (Tabela 4.5). Estes quatro níveis de risco são apresentados cartograficamente no Capítulo 5 e Anexo II.

Tabela 4.5 | Obtenção do grau de risco de galgamento e inundação costeira [(COS.A/2018 ET + Carta de Suscetibilidade) / 2].

| | | Ponderação * | Suscetibilidade | | | |
|-------------------------------|---|-----------------|-----------------|-------|----------|---------|
| | | | Nula | Baixa | Moderada | Elevada |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ocupação solo (COS-A 2018 ET) | Zonas de rocha nua (sem infraestruturas ou tecido urbano na envolvente) foram consideradas com exposição nula | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 |
| | Florestas, matos, vegetação herbácea natural e vegetação esparsa com exposição baixa | 2 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 |
| | Zonas agrícolas, terras aráveis, culturas permanentes, prados/pastagens, áreas agrícolas heterogêneas com exposição moderada | 4 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 |
| | Equipamentos desportivos, culturais, turísticos e de lazer, com exposição elevada | 6 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 |
| | Rocha nua [com infraestruturas ou tecido urbano na envolvente], Indústria, comércio, atividades extrativas, tecido urbano (contínuo e descontínuo), infraestruturas costeiras, infraestruturas portuárias, aeroportos, áreas em construção, com exposição muito elevada | 8 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 |

* Para zonas costeiras de arriba superiores a 20m o grau de exposição/ponderação corresponde ao da Tabela 4.4.

| Grau de Risco | |
|---------------|----------|
| 0 - <1 | Nulo |
| 1 - <3 | Baixo |
| 3 - <5 | Moderado |
| > 5 | Elevado |

4.2 Cenários de Risco

De salientar que para a elaboração destas cartas foram considerados cenários de modo a responder ao passo metodológico proposto que se destina a integrar os cenários climáticos do Programa Regional para as Alterações Climáticas dos Açores (PRAC), publicado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 30/2019/A, de 28 de novembro, e outros considerados relevantes, dando uma visão global e a descrever uma possível progressão de acontecimentos com potencial para gerar danos.

De acordo com a Medida OTZC7 do PRAC “Reforçar as restrições ao uso e ocupação do solo nos troços costeiros com maior suscetibilidade ao galgamento e inundação” com grau de prioridade alto, os cenários climáticos apontam para o aumento da probabilidade na ocorrência de eventos climáticos extremos na RAA. Os impactos dos eventos climáticos ocorridos neste século tornam evidente que este tipo de eventos climáticos são geradores de consequências danosas nas áreas com maior suscetibilidade ao galgamento e inundação costeira.

Refere ainda na Medida OTZC9 “Reforçar a monitorização da orla costeira na RAA”, que os impactos resultantes das Alterações Climáticas, designadamente a subida do Nível Médio do Mar, a modificação do regime de agitação marítima, a sobre-elevação meteorológica, o agravamento das situações de

concentração de precipitação e a ocorrência de eventos climáticos extremos poderão originar alterações na ocorrência, na intensidade e no padrão espacial desses diversos fenómenos, agravando, ainda mais, a exposição de pessoas e bens a situações de risco, o que exige um maior conhecimento da evolução a curto, médio e longo prazo dos sistemas litorais.

Assim, para a determinação de zonas/faixas de risco de galgamentos e inundações costeiras foram utilizadas as cartas de vulnerabilidade/suscetibilidade obtidas para as três zonas em avaliação, que consideraram um evento com um período de retorno de 100 anos, uma altura de onda significativa de 9m e períodos entre os 10-13s.

4.3 Cartografia e Relatório Finais

Esta etapa referente à produção da cartografia e relatórios finais, que corresponde à presente fase, resulta da análise e ponderação de toda a informação e cartografia resultante da Fase 3 conjuntamente com a Câmara Municipal de Vila do Porto, bem como da análise das medidas de ordenamento e intervenção para áreas com grau de risco elevado [Capítulo 6] e medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas no âmbito desta tipologia de risco, e de aplicação no âmbito dos Instrumentos de Gestão Territorial [IGT].

5 Zonas/faixas costeiras com probabilidade de ocorrência de galgamentos e inundações costeiras no âmbito da Revisão do Plano Diretor Municipal do concelho de Vila do Porto

5.1 Introdução

Em conformidade com a metodologia e parâmetros descritos nos capítulos anteriores, foi elaborada cartografia, à escala 1:2000, com a delimitação do risco de galgamentos e/ou inundações costeiras para a faixa costeira do concelho de Vila do Porto, tendo sido também desenvolvida a avaliação de possíveis impactes nas faixas de vulnerabilidade obtidas à ocorrência de galgamentos e inundações costeiras e a análise integrada de todos os resultados, de modo a analisar potenciais ajustes necessários, cujos resultados finais são apresentados ao longo deste capítulo.

5.2 Cartografia

5.2.1 Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira

As figuras seguintes apresentam as cartas com a representação das faixas de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira propostas para as áreas em análise. No Anexo I são apresentadas as cartas à escala 1:2000.

Figura 5.1 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira para o setor da zona portuária/ Baía de Vila do Porto.

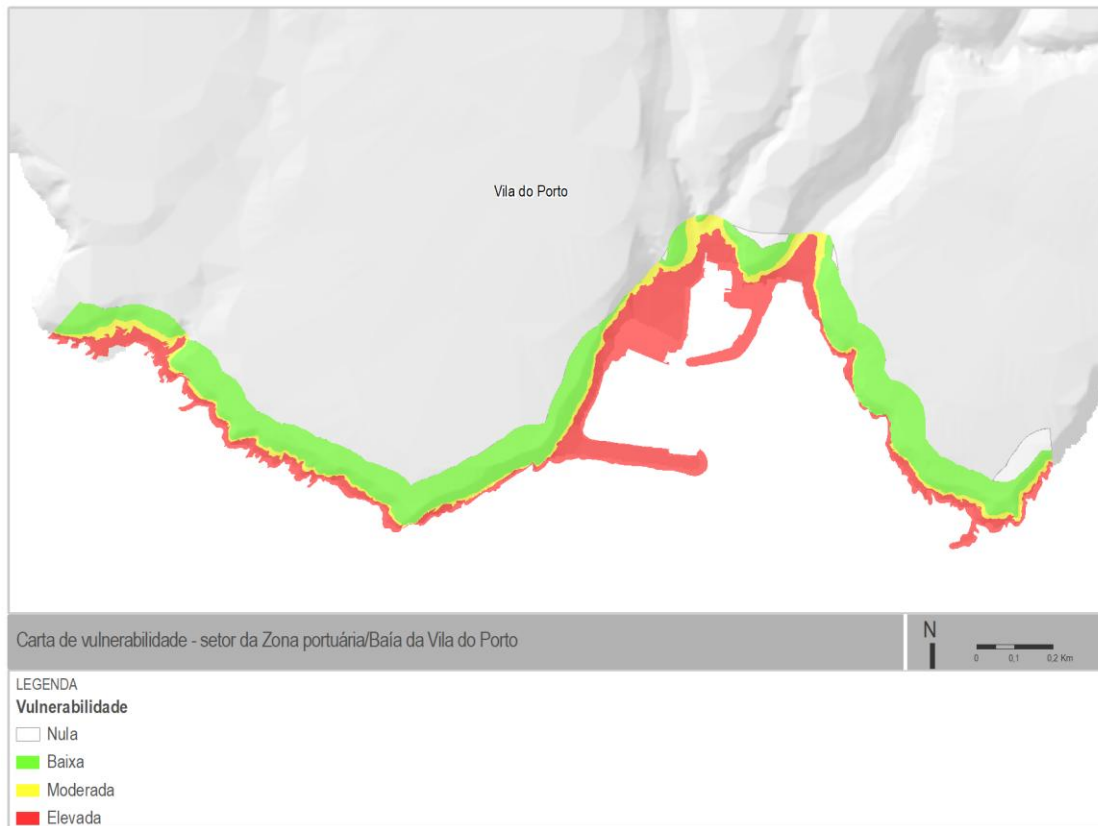


Figura 5.3 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira para o setor da Praia Formosa.

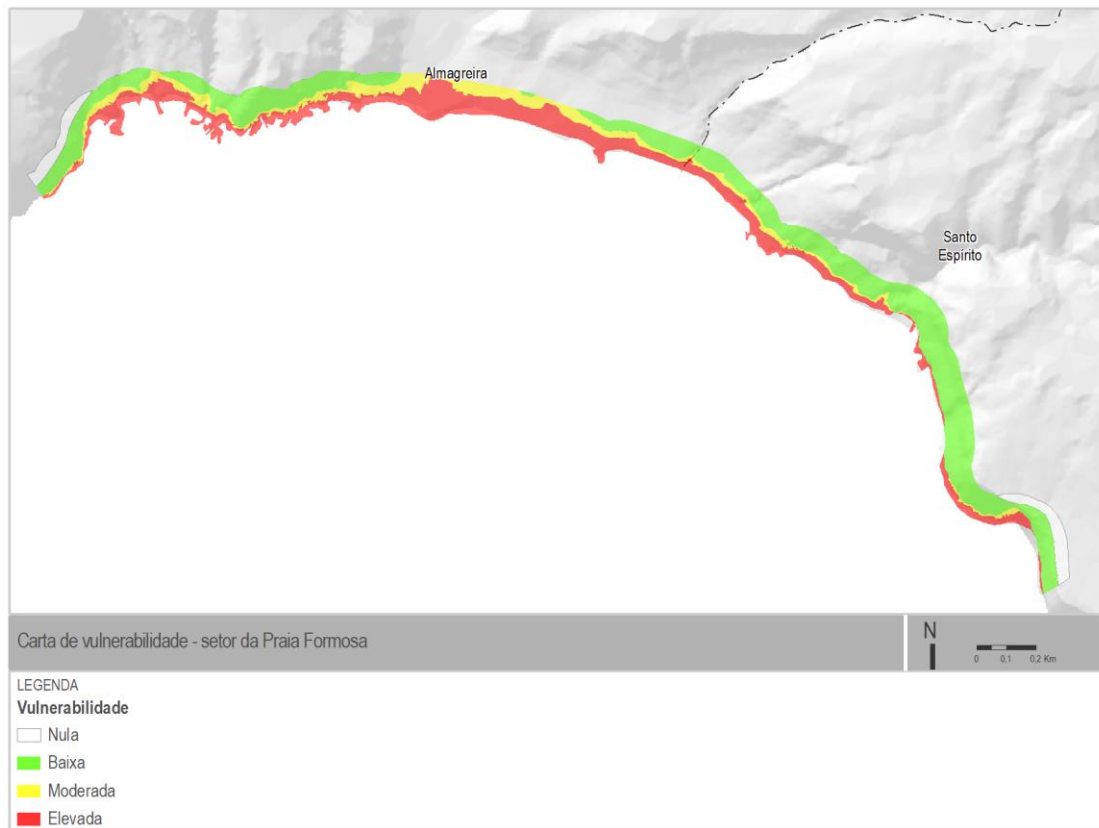


Figura 5.4 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira para o setor da Maia.

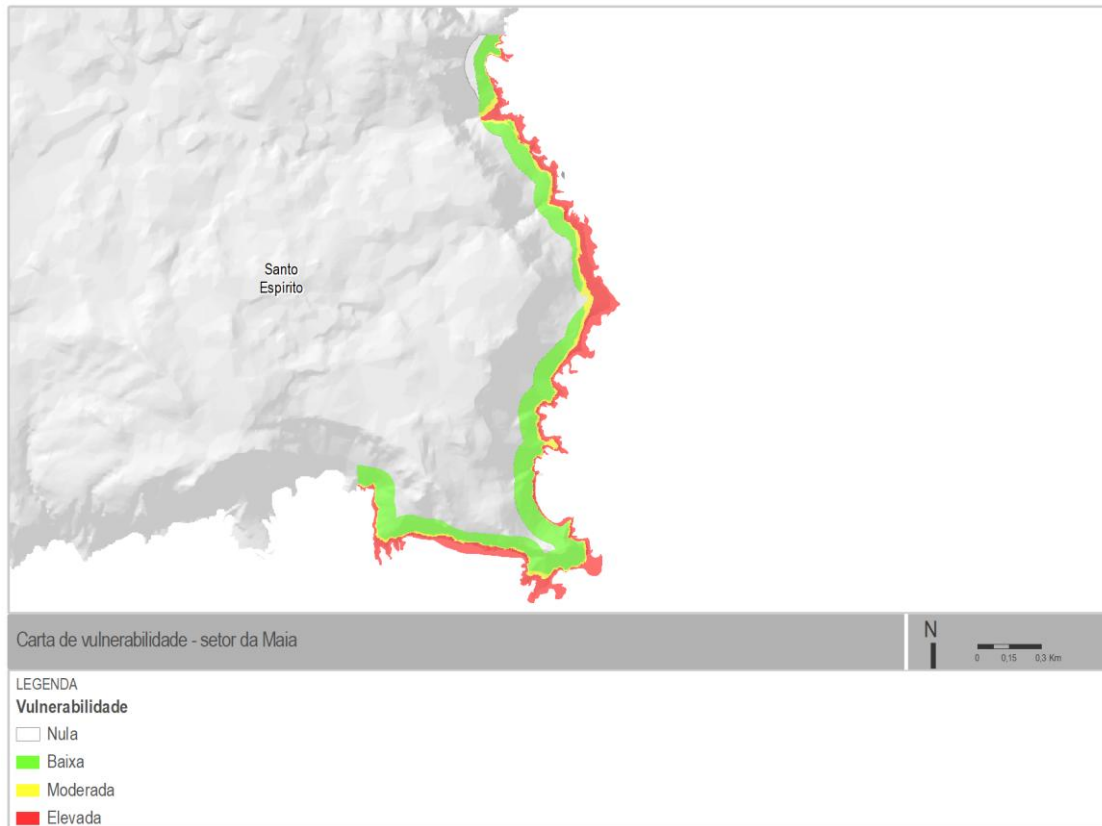


Figura 5.5 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira para o setor da Baía/Praia de São Lourenço.

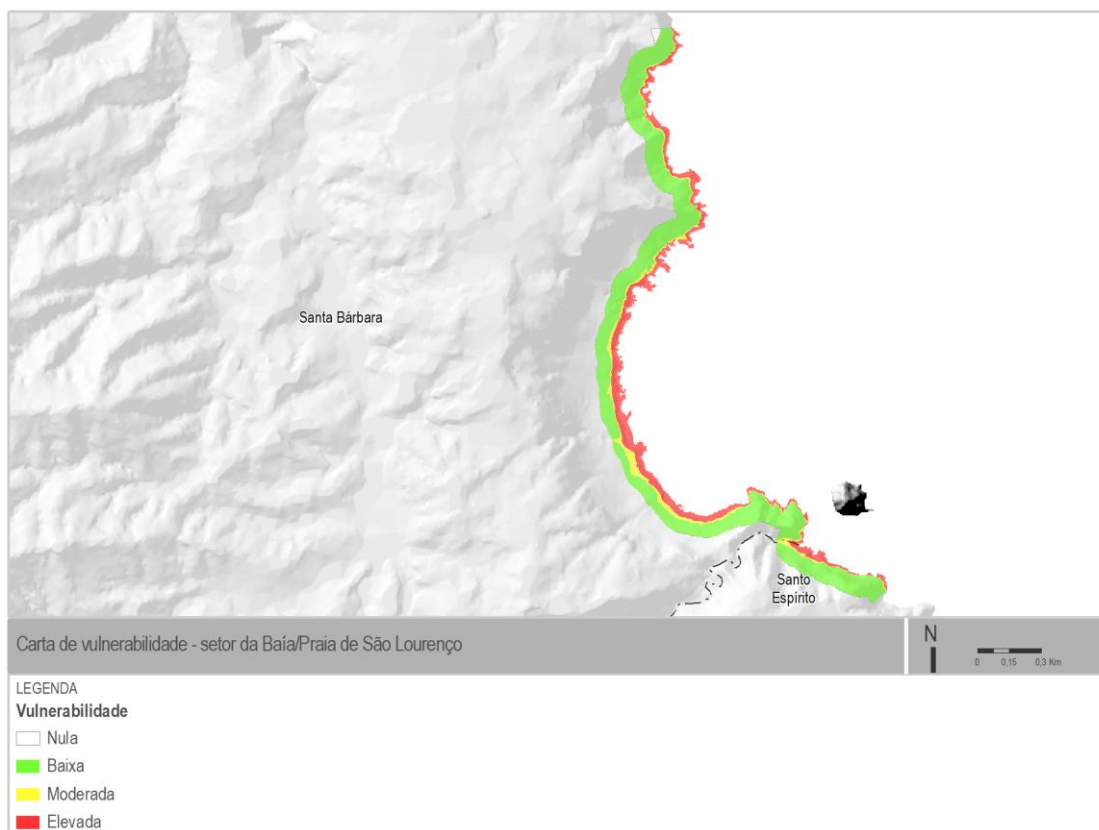
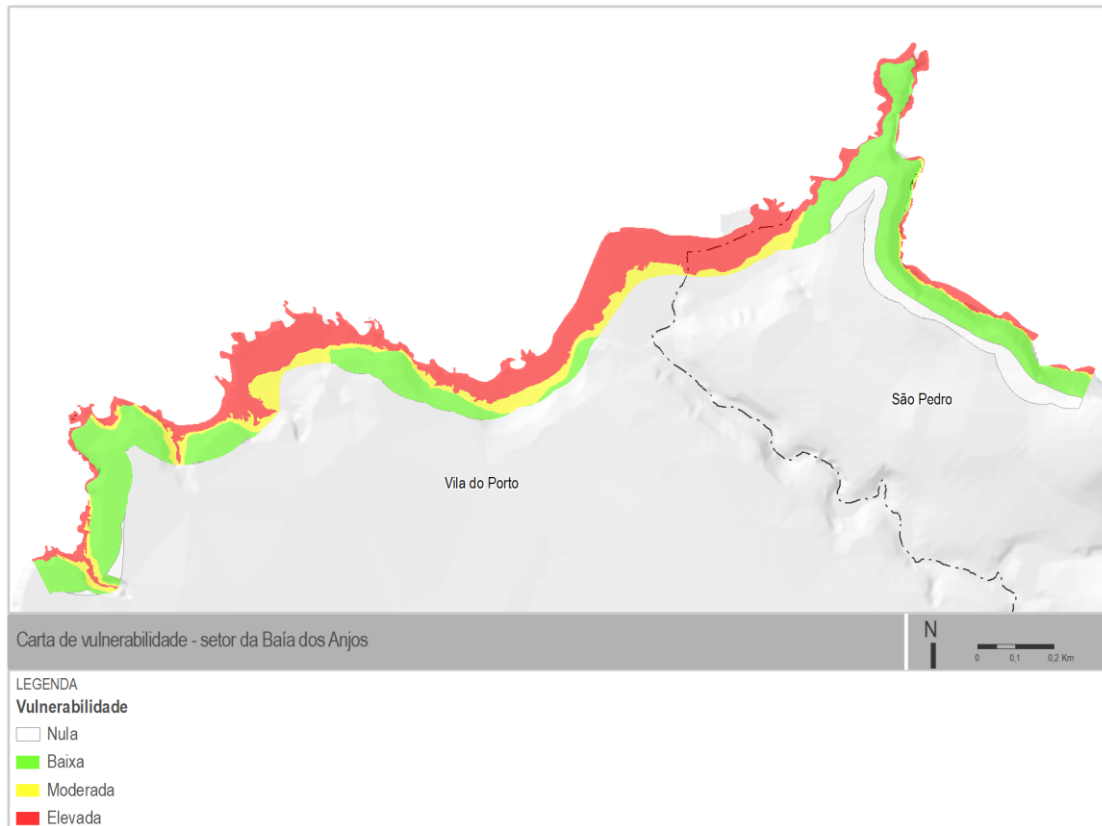


Figura 5.6 | Carta de vulnerabilidade ao galgamento e inundação costeira para o setor dos Anjos.



5.2.2 Carta de Risco de galgamento e inundação costeira

As figuras seguintes apresentam as cartas de riscos de galgamentos e inundações costeiras, propostas para as áreas em análise, tendo em consideração a COSA18 ET.

No Anexo II são apresentadas as cartas à escala 1:2000.

Figura 5.7 | Carta de risco de galgamento e inundação costeira para o setor da zona portuária/ Baía de Vila do Porto, COSA 18- ET.



Figura 5.8 | Carta de risco de galgamento e inundação costeira para o setor da Praia Formosa, COSA 18- ET.

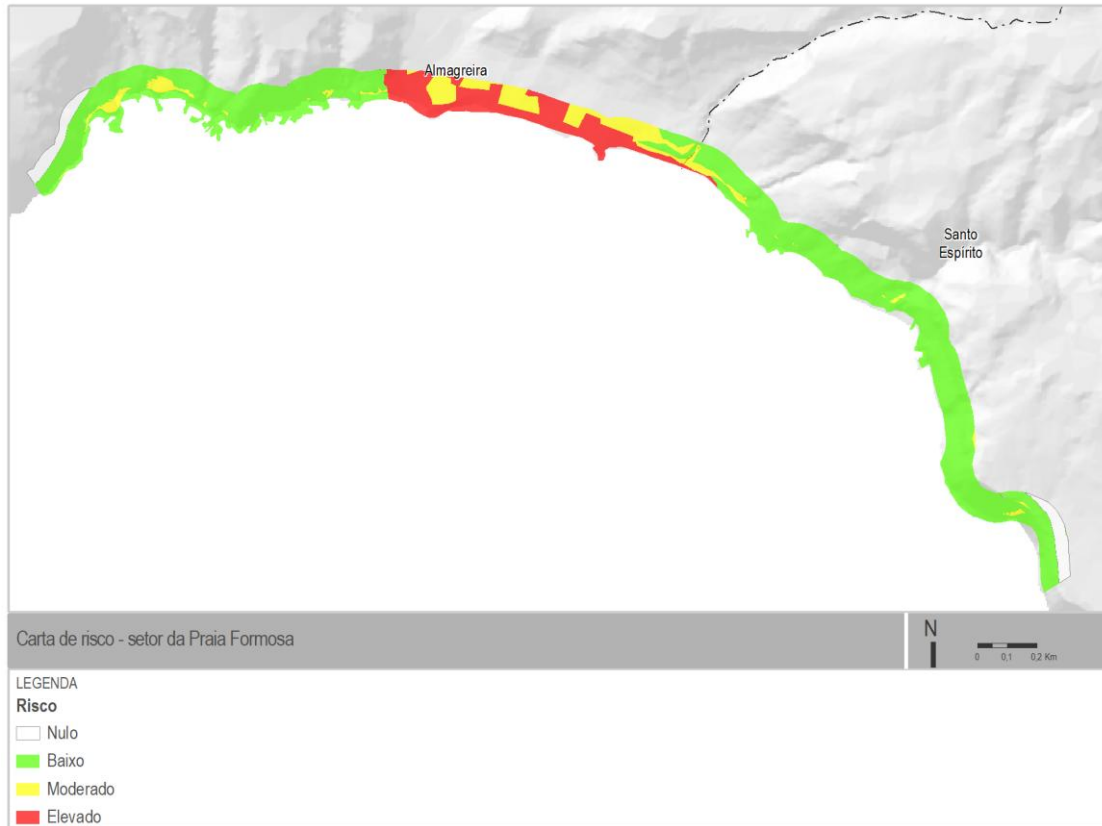


Figura 5.9 | Carta de risco de galgamento e inundações costeiras para o setor da Maia, COSA 18- ET.

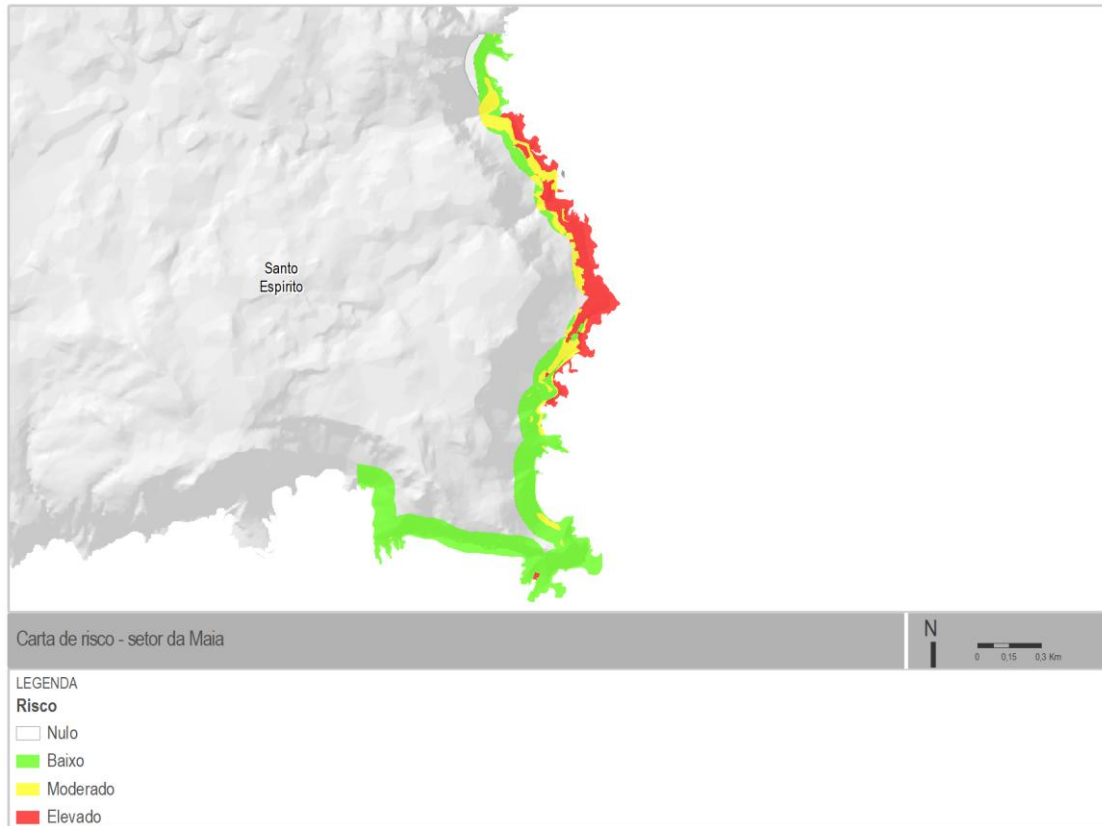


Figura 5.10 | Carta de risco de galgamento e inundação costeira para o setor da Baía/Praia de São Lourenço, COSA 18- ET.

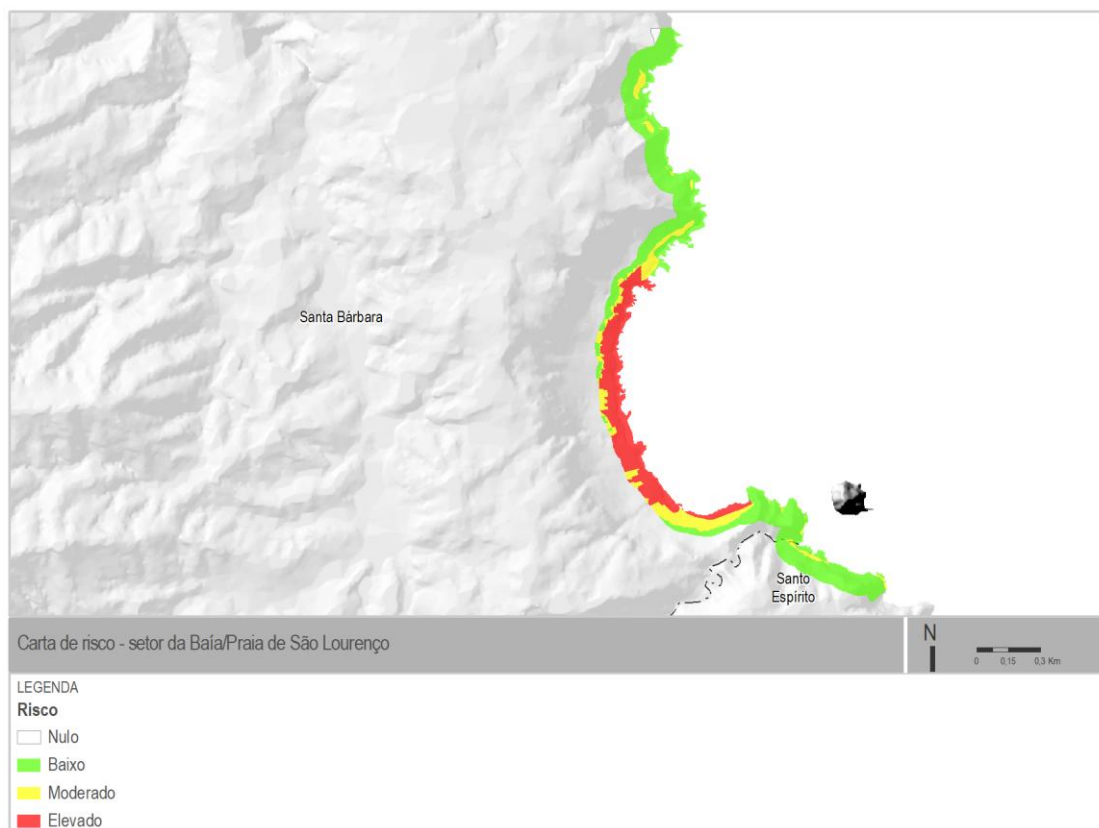
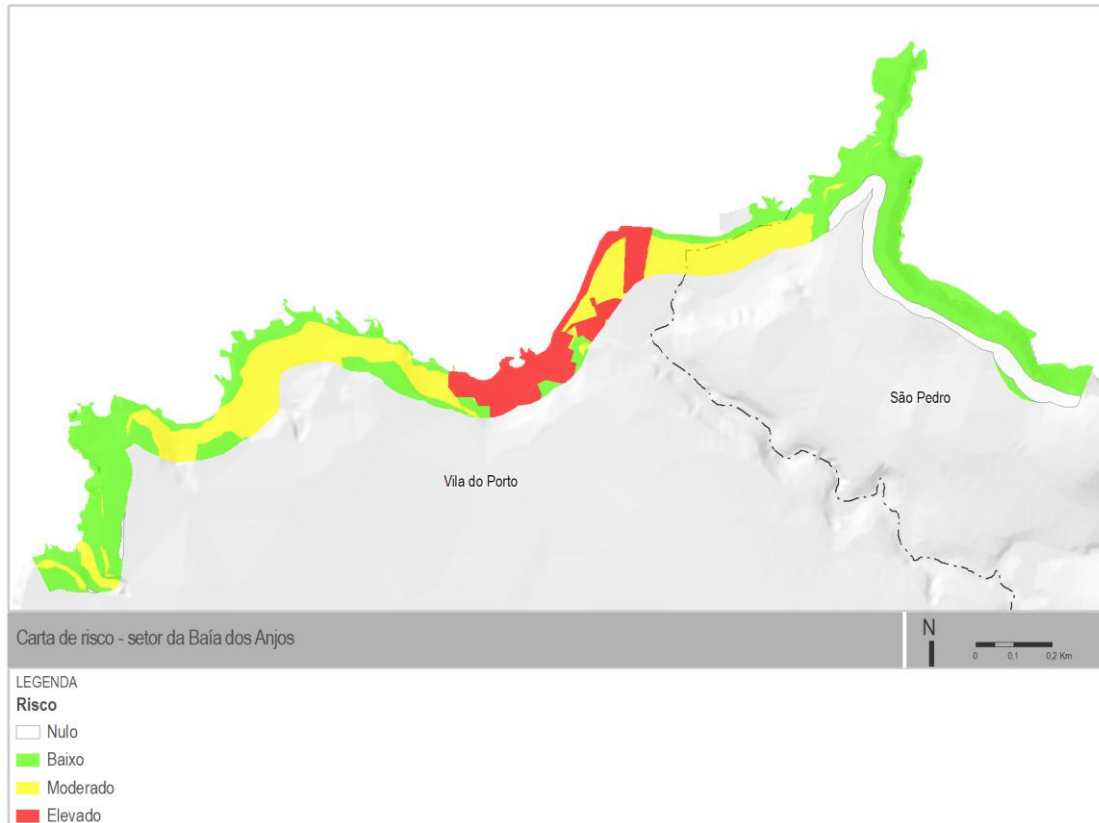


Figura 5.11 | Carta de risco de galgamento e inundação costeira para o setor dos Anjos, COSA 18- ET.



6 CONCLUSÕES ORIENTAÇÕES PARA A REGULAMENTAÇÃO E MEDIDAS

A determinação do grau de vulnerabilidade e do grau de risco foi realizada com base na análise de dados geográficos fornecidos, em documentos técnicos [e.g. documentos científicos - dissertações de mestrado, teses de doutoramento e artigos científicos], pela pesquisa em bases de dados oficiais e nos trabalhos de campo, e expõe os resultados determinados para a vulnerabilidade e risco ao galgamento e inundação costeira para as três áreas em estudo.

No desenrolar deste trabalho foi diagnosticado um conjunto de temas/questões/constrangimentos, em particular no que toca aos dados geográficos existentes/disponíveis, nomeadamente:

- Séries temporais de agitação marítima são de curto período/duração;
- Reduzida informação relativa às características das estruturas de defesa costeiras no que toca à inclinação de taludes e material do manto exterior;
- Modelo digital do terreno de alta resolução referenciado ao elipsoide;
- Utilização de informação geográfica produzida a diferentes escalas, precisão e atualização condicionam resultados obtidos;
- Reduzida informação/histórico sobre eventos extremos, em particular no que toca aos danos (humanos e materiais) e áreas afetadas.

Não obstante, importa referir que, apesar dos diversos constrangimentos mencionados ao longo do trabalho, as soluções para a sua resolução e mitigação permitiram produzir cartas de vulnerabilidade e risco com um grau de rigor significativo, e com validação em alguns dos pontos críticos pelas ocorrências registadas.

Para além da determinação e definição das faixas de risco de galgamento e inundação devem ser tidos em conta outros riscos costeiros com a erosão costeira e movimentos de massa, que podem ser potenciados por eventos extremos marítimos.

Assim, com o desenvolvimento deste trabalho é possível reconhecer três questões-chave essenciais para o desenvolvimento dos modelos e uso territorial do concelho de Vila do Porto, que devem ser incorporadas nos Instrumentos de Gestão Territorial [IGT], em particular num contexto climático que se prevê desfavorável com o aumento do número, intensidade e persistência de eventos extremos, designadamente:

- Deverá ser incorporada regulamentação que permita: minimizar as situações de risco ao galgamento e inundação costeira; a realocização programada e a longo prazo de edificado em zona de risco, com a renaturalização das zonas que são desocupadas para utilização pública; e definição de zonas tampão e atividades de cariz sazonal ou que facilmente possam ser realocizadas;
- No que toca à área urbana existente em zona de vulnerabilidade e/ou risco [elevado e moderado] deverá ser definido um conjunto de regras que tenha em consideração a reabilitação e manutenção dessas áreas, sem alterar a morfologia urbana existente e concebida ao longo do tempo; Deverá ser tida em consideração a redução das consequências adversas das inundações, nos elementos expostos, pela aplicação de técnicas de construção adaptadas às inundações;
- No caso de nova construção em zonas de risco, ou de determinada tipologia da construção/infraestrutura [em particular as associadas a infraestruturas/edifícios de usufruto público e coletivo], deve ser acautelada a exposição e a vulnerabilidade do território ao risco de galgamento e inundação costeira.

Propõe-se ainda que a determinação do grau de vulnerabilidade e do grau de risco seja ainda seguida pela implementação de medidas que adequem e adaptem o desenvolvimento e uso do território às novas circunstâncias e aos novos parâmetros ambientais e de risco. Neste contexto, na Tabela 6.1 é apresentado

um conjunto de medidas preliminares com o objetivo de contribuir para adaptação e minimização do território aos graus de vulnerabilidade e de risco determinados. Importa referir que essas medidas propostas deverão ser tomadas em consideração nos diversos IGT.

Tabela 6.1 | Medidas para adaptação e minimização do território ao grau de vulnerabilidade e de risco elevado para galgamentos e inundações costeiras.

| Medidas | Descrição |
|---|--|
| Ações de monitorização de processos hidromorfodinâmicos da orla costeira | <p>Ações de monitorização de processos hidromorfodinâmicos da orla costeira e da interação antrópica e zona costeira, com o objetivo de estudar a evolução dos processos que nela ocorrem, tendo em consideração a sustentabilidade, a resiliência e adaptação às alterações climáticas.</p> <p>As ações de monitorização deverão incidir sobre [sem prejuízo de outros elementos que se venham relevar determinantes]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quantificação de eventos de galgamentos e inundações costeiras [danos [descrição e valor monetário] e área geográfica afetada]; - Estudo de danos ambientais com base em deteção remota [ex: imagens satélite; imagens de <i>drone</i>, entre outros], designadamente: afetação/estado de ecossistemas e habitats costeiros sensíveis, de áreas protegidas, de estruturas de defesa costeira, entre outros. |
| Cartografia de risco de galgamentos e/ou inundações costeiras | Verificação/confirmação da alteração do grau de risco de cartografia de galgamento e/ou inundações costeiras à escala 1:2 000 em áreas identificadas com grau de vulnerabilidade moderada/elevada, no caso de ocorrer alteração da ocupação/uso do solo (por exemplo: novas construções em áreas de vulnerabilidade moderada/elevada) |
| Levantamento e monitorização do estado de conservação das estruturas de defesa costeira existentes | <p>A realização de relatórios e intervenções para levantamento do estado de conservação das estruturas de defesa costeira existentes na orla costeira identificando o estado de conservação e manutenção, propõe-se incluir nessa monitorização:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação do custo/benefício e custo/eficácia das estruturas de defesa costeira nas ações de conservação e manutenção; - Monitorização contínua das infraestruturas de defesa costeira e infraestruturas portuárias e monitorização dos efeitos e dinâmica de eventos extremos sobre essas infraestruturas (por exemplo: videomonitorização). |
| Plano de realocização, reabilitação e manutenção de património construído | <ul style="list-style-type: none"> - Determinação de áreas prioritárias de realocização de património construído; - Definição de critérios claros e objetivos [por exemplo: parâmetros de afastamento, volumetria, índices de permeabilização, entre outros] para a realocização, reconstrução, reabilitação e manutenção nas áreas urbanas em áreas com grau de vulnerabilidade e/ou risco elevado. |
| Ações de comunicação e sensibilização de riscos e efeitos das alterações climáticas na orla costeira | Deverão ser desenvolvidas ações de comunicação e sensibilização, destinadas a diferentes públicos-alvo, como a população em geral, autarquias [serviços, funcionários e dirigentes], sobre riscos e efeitos das alterações climáticas na orla costeira, as suas causas e consequências e, em particular, sobre a exposição de pessoas e bens a situações de risco. |
| Interseção das bacias hidrográficas em que foi identificado risco potencial de ocorrência de cheias fluviais do PGRI com a cartografia de pormenor de risco de galgamentos e/ou inundações costeiras | Quando exista interseção em termos de ordenamento deve prevalecer a classe de suscetibilidade/vulnerabilidade mais elevada. |

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C.; Trigo, R.M.; Freitas, M.C.; Gallego, M.C.; Borges, P. and Ramos, A.M., [2008]. Comparing historic records of storm frequency and the North Atlantic Oscillation [NAO] chronology for the Azores region. *The Holocene*, 18[5], 745-754.
- Borges P, Phillips M, Ng K, Medeiros A, Calado H [2014] Preliminary coastal vulnerability assessment for Pico Island [Azores]. *Journal of Coastal Research*, [70]: 385-388.
- Borges, P. and Andrade, C., [1999]. Storm characterization in the Azores archipelago on the XIX and XX centuries. Unpublished Technical Report/Project STORMS - Storminess and Environmentally Sensitive Atlantic Coastal Areas of the European Union.
- Borges, P., [2003]. Ambientes litorais nos grupos Central e Oriental do arquipélago dos Açores, conteúdos e dinâmica de microescala. Ponta Delgada, Portugal: University of the Azores, Ph.D. thesis, 413p.
- Coelho, C. [2005]. Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Tese de doutoramento. Secção Autónoma de Engenharia Civil. Aveiro, Universidade de Aveiro: 404.
- Costa, M., Silva, R., e Vitorino, J., [2001]. Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa. 2as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária – Associação Internacional de Navegação, Pp. 20.
- Davies, W.T.R., [2012]. Applying a Coastal Vulnerability Index [CVI] to the Westfjords, Iceland: a preliminary assessment. Ísafjörður, Iceland: University of Akureyri, Master's thesis, 109p.
- Decreto Legislativo Regional n.º 30/2019/A de 28 de novembro da Região Autónoma dos Açores, Diário da República: Série I, n.º 229/2019, pg. 5 – 158, 2019, Programa Regional para as Alterações Climáticas [PRAC].
- Direção Regional do Ambiente [DRA] [2011]. Estudo “Reserva Ecológica Regional - Caracterização dos Perigos em termos de Recursos Naturais e delimitação das respetivas Áreas Vulneráveis a considerar no Ordenamento do Território da RAA - E-RER.
- Direção Regional do Ambiente [DRA] [2018]. Plano de Gestão de Riscos e Inundações da Região Autónoma dos Açores, 2.º Ciclo de Planeamento, Riscos de Galgamento e Inundação Costeira – Relatório Fase 1, 18p.
- Matos, A. [2015]. Caracterização da agitação marítima na central de energia das ondas do Pico, Açores. Mestrado em Energias Renováveis e Gestão de Energia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 130 p.
- Ng, K., [2013]. Feasibility study on multifunctional artificial reefs for the Azores. Ponta Delgada, Portugal: University of the Azores, Ph.D. thesis, 125p
- Ng, K., Phillips, M.R., Borges, P., Thomas, T., August, P., Calado, H., Veloso-Gomes, F. [2014]. Maintaining a way of life for São Miguel Island [the Azores archipelago, Portugal]: An assessment of coastal processes and protection, *Science of The Total Environment*, Volume 481, Pages 142-156, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.067>.
- Palmer, B J., Van der Elst, R., Mackay, F., Mather, A A., Smith, A M., Bundy, S C., Thackeray, Z., Leuci, R. and Parak, O., [2011]. Preliminary coastal vulnerability assessment for KwaZulu-Natal, South Africa, *Journal for Coastal Research*, 64, 1390-1395.
- POOC Graciosa [2006]. Plano de Ordenamento da Orla Costeira da Ilha da Graciosa. Fase I – Caracterização e Diagnóstico. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Governo Regional dos Açores, Açores.
- RISK-KIT, [2015]. Resilience-Increasing Strategies for Coasts – Toolkit. Coastal Hazard Assessment Module.
- Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas [SRAAC] [2023]. Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores 2022-2027 – versão para Consulta Pública.
- Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia [2020]. Plano de Gestão de Riscos e Inundações da Região Autónoma dos Açores. 2.º Ciclo de Planeamento Cartas de zonas inundáveis e de riscos de inundações. 147p.

ANEXO I – Cartografia de Vulnerabilidade 1: 2 000

Página propositadamente deixada em branco

ANEXO II – Cartografia de Risco 1: 2 000

Página propositadamente deixada em branco

Página propositadamente deixada em branco



Matosinhos
R. Tomás Ribeiro, nº412 – 2º
4450-295 Matosinhos Portugal

Tel (+351) 229 399 150
Fax (+351) 229 399 159

Lisboa
Rua Duque de Palmela
nº 25 – 2º
1250-097 Lisboa Portugal

Tel (+351) 213 513 200
Fax (+351) 213 513 201

geral@quaternaire.pt
www.quaternaire.pt