

# DISSERTAÇÃO

**Tema:** Criação de resiliência portuária. Estudo de caso do porto do Funchal.

**Aluno:** Paulo Alexandre de Sousa Falé, nº 9839

**Orientador:** Professor Mestre Carlos Manuel Fialho Hermenegildo



Paulo Alexandre de Sousa Falé

## **Criação de resiliência portuária**

Estudo de caso do porto do Funchal.

Dissertação elaborada para a obtenção do grau de mestre na área de Gestão de Emergência, a apresentar ao Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração, sob a orientação do Professor Mestre, Carlos Manuel Fialho Hermenegildo.

### **Composição Júri**

Presidente Júri: Professora Doutora Carla Andreia Pimentel Rodrigues

Arguente: Professora Doutora Márcia Lima

Orientador: Professor Mestre, Carlos Manuel Fialho Hermenegildo

AVEIRO 2023



*Port operators typically assume responsibility for long-term disaster and resilience planning, but short-term economic profits, and for some ports, economic development, normally drive port planning.*

*Becker, A. & Caldwell, M. R. (2015)*



## Agradecimentos

Após concluir a presente dissertação, não podia deixar de agradecer a todos aqueles, que de alguma forma mostraram disponibilidade, simpatia, compreensão e cooperação ao longo da sua execução.

Em primeiro lugar, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento ao Professor Mestre, Carlos Manuel Fialho Hermenegildo, que aceitou o desafio de orientar esta dissertação de mestrado e a quem aproveito a oportunidade para agradecer publicamente a sua permanente disponibilidade e acima de tudo os importantes e oportunos contributos que foi transmitindo, de forma simples e clara, ao longo da elaboração desta dissertação. Não poderia deixar igualmente de mencionar os seus conhecimentos e a sua competência, marcada pelo rigor e profissionalismo que coloca em tudo o que assume. Não esqueço também a colaboração da Professora Doutora Maria José Faria Feio, pela ajuda e disponibilidade sempre demonstrada para uma análise complementar e estrutural.

Não podia igualmente deixar de agradecer à Professora Doutora Carla Andreia Pimentel Rodrigues, pela permanente disponibilidade e receptividade nos debates associados ao conceito de “Gestão de Emergência e Socorro” e pela confiança depositada neste desafio académico, agravado pelas limitações da distância e insularidade.

À Presidente do Conselho de Administração da Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, Engenheira Paula Cristina de Araújo Dias Cabaço da Silva, endereço igualmente o meu agradecimento, pela confiança profissional para a abordagem do presente tema.

À minha família, amigos e colegas de mestrado, com quem tive o prazer de trabalhar e partilhar conhecimentos, o meu obrigado pelo apoio e força transmitida.

Às minhas cinco filhas, um obrigado muito especial, por serem um fator de motivação adicional em todas as tarefas que tento conciliar diariamente.

À minha esposa, a quem estou eternamente grato pelo apoio, pelo incentivo, pelo amor e pela amizade que me possibilitou não só na realização deste projeto, mas também em todo o meu percurso académico e profissional.

Sem o contributo de todos não era possível a realização deste projeto.



## Resumo

O transporte marítimo, tem vindo a desempenhar ao longo dos tempos um importante papel na rede de transportes e cumulativamente na economia mundial. Conjuntamente, o transporte marítimo e os portos, geram mais de 80 por cento do comércio mundial de mercadorias em volume e mais de 70 por cento ao nível do valor económico.

As diferentes perturbações das cadeias de abastecimento, causadas por fatores de stress que abrangem crises económicas, acontecimentos políticos, catástrofes de origem natural ou antropogénica, incidentes de cibersegurança e mais recentemente, o conflito na região do Mar Negro, a crise gerada pela pandemia de COVID-19 e acidentes como o do navio *Ever Given* no Canal de Suez, demonstram o importante papel do transporte marítimo como canal de transmissão, suscetível de desencadear ondas de choque nas cadeias de abastecimento e desta forma paralisar o comércio e as atividades mundiais.

A presente dissertação tem como objetivo geral a análise dos conceitos internacionais, associados ao incremento da resiliência portuária e integrá-los com o modelo de gestão do risco, através do estudo de caso do porto do Funchal.

Embora tenha existido um contínuo desenvolvimento da ciência e da tecnologia associada aos sistemas de avaliação, deteção e mitigação do risco, constatou-se que, apesar de as estratégias reativas terem sofrido um forte impulso, permitindo melhoras significativas na resiliência dos portos, as estratégias preventivas, designadamente ao nível das infraestruturas, acabam por ser proteladas no tempo, maioritariamente devido à falta de viabilidade económico-financeira na exploração (operação portuária).

Concluiu-se através do estudo de caso do porto do Funchal, que a avaliação da viabilidade económico-financeira das medidas de resiliência ao nível das infraestruturas, deve integrar processos de majoração do impacto socioeconómico e da degradação do modelo de operação e segurança da infraestrutura. Estas avaliações, devem igualmente integrar a análise custo-benefício de opções modulares (desenvolvimento parcial), que permitam rentabilizar a operação e incrementar a viabilidade económico-financeira.

Relativamente aos restantes vetores de incremento de resiliência nas diferentes categorias do risco (operacional, competitivo, financeiro, de governança e reputacional), constatou-se a importância da transformação digital, para a diminuição dos impactos do risco cumulativo e composto, tendo sido adotada uma abordagem de sensibilização para a importância das competências digitais nas organizações, com especial relevo para os quadros de gestão.

**Palavras-chave:** Acidentes marítimos; Gestão do risco; Porto do Funchal; Resiliência



## Abstract

Maritime transport has long played an important role in the transport network and, cumulatively, in the world economy. Together, maritime transport and ports generate more than 80 per cent of the world's trade in goods in terms of volume and more than 70 per cent in terms of economic value.

The various disruptions to supply chains caused by stress factors including economic crises, political events, natural or man-made disasters, cybersecurity incidents and, more recently, the conflict in the Black Sea region, the crisis generated by the COVID-19 pandemic and accidents such as the Ever Given ship in the Suez Canal, demonstrate the important role of maritime transport as a transmission channel that can trigger shockwaves in supply chains and thus paralyse world trade and activities.

The general aim of this dissertation is to analyze the international concepts associated with increasing port resilience and integrate them with the risk management model, through a case study of the port of Funchal.

Although there has been a continuous development of science and technology associated with risk assessment, detection and mitigation systems, it was noted that although reactive strategies have been given a strong boost, allowing for significant improvements in the resilience of ports, preventive strategies, particularly in terms of infrastructure, end up being delayed over time, mainly due to the lack of economic and financial viability in exploitation (port operation).

Through the case study of the port of Funchal, it was concluded that the assessment of the economic and financial viability of resilience measures in terms of infrastructure should include processes to increase the socio-economic impact and the degradation of the infrastructure's operating and safety model. These assessments should also include a cost-benefit analysis of modular options (partial development) that make it possible to make the operation more profitable and increase economic and financial viability.

With regard to the other vectors for increasing resilience in the different risk categories (operational, competitive, financial, governance and reputational), the importance of digital transformation was noted for reducing the impact of cumulative and compound risk, and an approach was adopted to raise awareness of the importance of digital skills in organizations, with particular emphasis on management.

**Keywords:** Maritime accidents; Risk management; Port of Funchal; Resilience



## Índice

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| Agradecimentos.....                           | vii  |
| Resumo .....                                  | ix   |
| Abstract .....                                | xi   |
| Índice.....                                   | xiii |
| Índice de figuras .....                       | xv   |
| Índice de tabelas.....                        | xvii |
| Principais siglas utilizadas .....            | xix  |
| 1. Introdução.....                            | 1    |
| 1.1. Objetivos gerais e específicos .....     | 1    |
| 1.2. Metodologia .....                        | 1    |
| 1.3. Estrutura .....                          | 2    |
| 2. Revisão Bibliográfica .....                | 3    |
| 3. Enquadramento .....                        | 5    |
| 3.1. Geográfico .....                         | 5    |
| 3.2. Morfologia e clima.....                  | 7    |
| 3.2.1. Hipsometria.....                       | 7    |
| 3.2.2. Declives .....                         | 9    |
| 3.2.3. Hidrografia .....                      | 11   |
| 3.2.4. Clima.....                             | 12   |
| 3.2.5. Temperatura .....                      | 12   |
| 3.2.6. Precipitação .....                     | 14   |
| 3.3. Porto do Funchal .....                   | 16   |
| 3.3.1. Enquadramento histórico .....          | 16   |
| 3.3.2. Caracterização.....                    | 16   |
| 3.3.3. Análise da exposição aos ventos .....  | 18   |
| 3.3.4. Análise da exposição à ondulação ..... | 22   |
| 3.3.5. Atividade .....                        | 29   |
| 4. Conceito do Risco.....                     | 33   |
| 4.1. Evolução histórica.....                  | 33   |
| 4.2. Contextualização .....                   | 33   |
| 4.3. Conceitos subjacentes.....               | 34   |
| 5. Resiliência portuária .....                | 37   |
| 5.1. Processo construtivo .....               | 37   |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 5.2. Identificação dos perigos .....          | 40 |
| 5.3. Avaliação do Risco .....                 | 42 |
| 5.5. Planos de Resposta e Mitigação.....      | 48 |
| 5.6. Priorizar as Opções .....                | 51 |
| 5.7. Implementação e Revisão .....            | 54 |
| 6. O estudo de caso do porto do Funchal ..... | 61 |
| 7. Conclusões.....                            | 67 |
| Referências bibliográficas .....              | 69 |

## Índice de figuras

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Mapa de enquadramento geográfico da Região Autónoma da Madeira.....           | 5  |
| Figura 2 - Mapa de enquadramento geográfico das Ilhas Selvagens.....                     | 6  |
| Figura 3 - Carta Hipsométrica da ilha da Madeira .....                                   | 9  |
| Figura 4 - Carta de Declives da ilha da Madeira .....                                    | 10 |
| Figura 5 - Rede hidrográfica da ilha da Madeira .....                                    | 11 |
| Figura 6 - Estações meteorológicas IPMA – Delegação da Madeira.....                      | 13 |
| Figura 7 – Temperatura média anual (°C) no período de referência 2000-2021.....          | 14 |
| Figura 8 - Precipitação média anual no período de referência 2000-2021 .....             | 15 |
| Figura 9 - Mapa de caracterização do porto do Funchal .....                              | 17 |
| Figura 10 - Gráfico de predominância e velocidade média de ventos (2012-2021).....       | 19 |
| Figura 11 - Gráfico de predominância de ventos - Rajadas (2012-2021) .....               | 21 |
| Figura 12 – Localização geográfica da estação Observatório (552).....                    | 22 |
| Figura 13 – Gráfico da média e máximo mensal de Hm0.....                                 | 23 |
| Figura 14 - Gráfico da média e máximo mensal de Tm.....                                  | 24 |
| Figura 15 - Distribuição de frequência relativa de Thtp .....                            | 26 |
| Figura 16 - Distribuição conjunta de frequência relativa Thtp-Hm0 .....                  | 27 |
| Figura 17 - Número de temporais registados na boia do Funchal .....                      | 28 |
| Figura 18 - Estatística de navios de cruzeiro no porto Funchal (2021-2022).....          | 30 |
| Figura 19 - Articulação dos principais conceitos na avaliação do Risco.....              | 35 |
| Figura 20 – Processo Genérico de Gestão do Risco.....                                    | 36 |
| Figura 21 - Resiliência do sistema de transporte marítimo.....                           | 39 |
| Figura 22- Resiliência portuária - Processo construtivo por etapas.....                  | 40 |
| Figura 23 – Resiliência portuária – Avaliação do Risco.....                              | 44 |
| Figura 24 –Matriz de quantificação do risco.....                                         | 46 |
| Figura 25 –Matriz de avaliação do risco e ameaça .....                                   | 47 |
| Figura 26 – Plano de Resposta e Mitigação.....                                           | 48 |
| Figura 27 – Plano de capacitação na resposta a incidentes marítimos .....                | 49 |
| Figura 28 – Plano de Emergência Interno do porto do Funchal .....                        | 50 |
| Figura 29 – Principais medidas de resposta e mitigação a perturbações portuárias .....   | 51 |
| Figura 30 – Principais medidas de resposta e mitigação a perturbações portuárias .....   | 52 |
| Figura 31 – Principais medidas de Implementação, Monitorização e Revisão .....           | 55 |
| Figura 32 – Principais obstáculos à resiliência para cada etapa da cadeia de valor ..... | 58 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 33 – Desenho ilustrativo teórico do projeto .....                                                | 62 |
| Figura 34 – Desenho ilustrativo teórico do projeto <i>DIKWE Wave - powered breakwater project</i> ..... | 64 |

## Índice de tabelas

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha da Madeira.....             | 8  |
| Tabela 2 - Resumo das Classes de Declive da ilha da Madeira.....                       | 10 |
| Tabela 3- Lista das estações de observação meteorológica .....                         | 13 |
| Tabela 4 - Rumo predominante dos ventos (2012-2021) .....                              | 20 |
| Tabela 5 - Estatística da altura significativa na boia Funchal - Hm0 (1996-2017) ..... | 24 |
| Tabela 6 - Estatística do período médio na boia Funchal - Tm (1996-2017) .....         | 25 |
| Tabela 7 - Temporais registados na boia do Funchal com Hm0 superior a 5m .....         | 28 |
| Tabela 8 - Identificação de possíveis perigos no porto do Funchal .....                | 41 |



## Principais siglas utilizadas

|              |                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>CAOP</b>  | Carta Administrativa Oficial Portuguesa                   |
| <b>E</b>     | Leste                                                     |
| <b>GEER</b>  | Centro Europeu para o Estudo dos Riscos e das Catástrofes |
| <b>Hm0</b>   | Altura significativa de onda                              |
| <b>Hmax</b>  | Altura máxima de onda                                     |
| <b>IA</b>    | Inteligência Artificial                                   |
| <b>IP</b>    | Instalação Portuária                                      |
| <b>IPMA</b>  | Instituto Português do Mar e da Atmosfera                 |
| <b>NMA</b>   | Nível do Mar Adotado                                      |
| <b>PGRH</b>  | Plano de Gestão da Região Hidrográfica                    |
| <b>RAM</b>   | Região Autónoma da Madeira                                |
| <b>SE</b>    | Sudeste                                                   |
| <b>SRA</b>   | Secretaria Regional do Ambiente                           |
| <b>SW</b>    | Sudoeste                                                  |
| <b>Tm</b>    | Período médio de onda                                     |
| <b>Thp</b>   | Direção média associada ao período de pico onda           |
| <b>Tp</b>    | Período de pico de onda                                   |
| <b>UNCTD</b> | <i>United Nations Conference on Trade and Development</i> |
| <b>W</b>     | Oeste                                                     |
| <b>ZEE</b>   | Zona Económica Exclusiva                                  |
| <b>ZH</b>    | Zero Hidrográfico                                         |

# 1. Introdução

## 1.1. Objetivos gerais e específicos

A presente dissertação tem como objetivo geral a análise dos conceitos internacionais, associados ao incremento da resiliência portuária e integrá-los com o modelo gestão do risco.

Pretende-se igualmente associar os conceitos internacionais de resiliência, conjugados com o modelo de gestão do risco, ao estudo de caso do porto do Funchal e desta forma identificar processos de resiliência que necessitem de uma nova avaliação e revisão estratégica.

De igual forma, pretende-se incrementar a sensibilização para a importância da análise dos processos de resiliência e priorização do risco, permitindo otimizar as políticas de gestão operacional e capacitação da resposta, que incrementem a resiliência portuária.

A relevância crescente (científica, técnica, mediática, política e da sociedade em geral), do impacte da inoperacionalidade do porto do Funchal, determina a necessidade de novas estratégias de atuação, nomeadamente a adoção de mecanismos de precaução e medidas de prevenção, capazes de minimizar perdas e danos económicos e sociais, à escala local.

## 1.2. Metodologia

A grande afinidade com o tema, resultante do interesse e atividade profissional, facilitou e orientou a recolha de informação. Neste contexto, poder-se-ia dizer que o trabalho de campo começou muito antes da elaboração da presente dissertação, através do estudo dos conceitos associados à atividade portuária. Assim, para o desenvolvimento dos trabalhos de execução associados à elaboração da dissertação, “Criação de resiliência portuária. Estudo de caso do porto do Funchal”, recorreu-se a uma base metodológica organizada em diversas etapas, composta por uma estrutura complexa de procedimentos, suportados por uma sistemática pesquisa bibliográfica da doutrina internacional, referente à criação de resiliência portuária, permitindo, desta forma, a subsequente fundamentação e validação dos pressupostos e conclusões apresentadas no estudo de caso do porto do Funchal.

### **1.3. Estrutura**

Para dar cumprimento aos propósitos enunciados, é apresentada uma estrutura de sete capítulos, com uma divisão capitular que pretende estabelecer uma sequência lógica entre os diversos temas abordados, de modo a não descurar a complexidade e o carácter globalizante do tema em estudo e permitir um desenvolvimento coerente e estruturado da dissertação.

O primeiro capítulo é introdutório e visa tornar mais firme e rigoroso o contexto para a elaboração da presente dissertação. Neste capítulo, são apresentados os objetivos delineados para a análise da temática da resiliência portuária, a metodologia de pesquisa, fundamentação e consolidação de evidências e a estrutura definida para a dissertação.

O Segundo capítulo, destina-se à revisão bibliográfica e identifica a literatura que serviu de base para o desenvolvimento dos conceitos associados aos processos de resiliência portuária e gestão risco.

O terceiro capítulo apresenta o enquadramento geográfico da ilha da Madeira, a morfologia e clima e o enquadramento do porto do Funchal, adaptado de diversas fontes de informação.

A análise aos conceitos subjacentes ao risco, com importância para a resiliência portuária e para o desenvolvimento futuro do porto do Funchal, é realizada no quarto capítulo.

No quinto capítulo, é de conteúdo mais substantivo e factual e onde é explanada toda a temática relacionada com os conceitos de resiliência portuária, importantes para a compreensão do estudo de caso do porto do Funchal.

O Sexto capítulo, é constituído pelo estudo de caso do porto do Funchal, expondo-se a análise de resiliência, de acordo com os objetivos definidos no início da presente dissertação.

A concluir presente dissertação, no último capítulo (sétimo), são apresentadas algumas conclusões, com o espírito de partilhar o conhecimento mais recente de forma a incrementar a sensibilização para a importância da resiliência portuária e o impacto da transformação digital nos processos de recuperação.

## 2. Revisão Bibliográfica

A literatura existente nos dias de hoje, relativa à temática da resiliência portuária, ainda não é suficientemente vasta para permitir uma diversidade de estudos e análises de diversas metodologias a aplicar nas estratégias de mitigação do risco e incremento da resiliência.

A razão desta falta de literatura, não obstante os impactos das ocorrências serem historicamente evidentes, estará relacionada com o facto de a análise global dos impactos económicos e socioeconómicos das ocorrências associadas aos portos, apenas recentemente, estar a ser amplamente divulgada, considerando a interdependência económica mundial e das ligações da cadeia de abastecimento global.

O estudo apresentado por Yoon Kim (2019), viria a difundir internacionalmente, o interesse pela temática, permitindo o aparecimento de análises específicas para as diferentes áreas do Shipping.

Em setembro de 2020, com um forte conjunto de lições aprendidas, a *Resilience Shift*, lançou uma iniciativa de colaboração para reforçar a resiliência dos portos, a *Resilience4Ports*.

Mark Button (2021) e Oliver Davey (2021), através da *Resilience Rising*, viriam também a fornecer enormes contributos e visibilidade para a importância da resiliência portuária.

Mais recentemente, após os últimos impactos com sérias consequências no transporte marítimo, a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTD, 2022), publicou um guia de orientações, para o desenvolvimento de processos com vista à criação de resiliência portuária.

Os autores concluíram que o desenvolvimento de estratégias (proativas e reativas) de mitigação dos impactos, nas mais diversas áreas de negócio, são fulcrais para o incremento da resiliência portuária, e servirão de base para a análise temática dos conceitos elencados na presente dissertação.

Embora algumas das abordagens, como as de Mark Button (2021) e Oliver Davey (2021), sejam maioritariamente direcionadas para os processos de descarbonização, a presente dissertação apresentará um maior foco na componente de gestão do risco.

Os conceitos explanados por José Nascimento (2022), relativos à transformação digital, servirão também como referência para a importância da capacitação e qualificação dos recursos humanos no incremento da resiliência portuária.



### 3. Enquadramento

#### 3.1. Geográfico

A Região Autónoma da Madeira (RAM), com uma área total de aproximadamente 801 km<sup>2</sup>, situa-se no Oceano Atlântico, a sudoeste de Portugal Continental. O arquipélago beneficia de uma posição privilegiada, ficando a 978 km de Lisboa e a 700 km da costa africana, no sector oriental do Atlântico Norte (região intraplaca), entre as latitudes 30° 01' e 33° 08' N e longitudes 15° 51' e 17° 16' W (Figura 1) (Abreu, 2008).

O arquipélago da Madeira inclui as ilhas da Madeira (741,7 km<sup>2</sup>), Porto Santo (42,6 km<sup>2</sup>) e dois grupos de ilhas sem população permanente, as Desertas (14,1 km<sup>2</sup>) e as Selvagens (2,7 km<sup>2</sup>).

A ilha da Madeira, a maior do arquipélago, divide-se em 10 concelhos. São estes: Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana e São Vicente. A ilha do Porto Santo tem um único concelho, homónimo ao nome da ilha.



Figura 1 - Mapa de enquadramento geográfico da Região Autónoma da Madeira  
Fonte dos dados: Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)  
Imagem fundo do QGIS – Google Earth

Influenciada morfológicamente pelas estruturas vulcânicas que a originaram, pela natureza das suas rochas, pelas variações do nível do mar, pelo clima e pelo tempo de exposição aos agentes de erosão (Ribeiro, 2009), a Ilha da Madeira, concentra uma enorme diversidade de paisagens, de vegetação e microclimas, com 40% do seu território acima de 1.400 m de altitude.

O Porto Santo, com cerca de 42,6 km<sup>2</sup> e separado por 50 km de mar da Ilha da Madeira, apresenta características totalmente distintas, como uma praia de areia fina e amarela, que se estende ao longo de 9 km por toda a costa sul.

A cerca de 22 km da Ilha da Madeira localizam-se as Ilhas Desertas que, administrativamente, pertencem ao município e freguesia de Santa Cruz e assumem uma enorme relevância na preservação da biodiversidade. No extremo da abrangência geográfica, pertencentes ao concelho do Funchal (freguesia da Sé), situam-se as Ilhas Selvagens, a 300 km do Funchal (Figura 2) que, além do seu valor natural, têm assumido uma importância geoestratégica fundamental, para a atual Zona Económica Exclusiva (ZEE) portuguesa.

O arquipélago da Madeira, ocupa assim uma posição central no Atlântico Oriental, onde, conjuntamente com os arquipélagos dos Açores, Canárias e Cabo Verde, constitui a área biogeográfica denominada Macaronésia (Ribeiro, 2009).

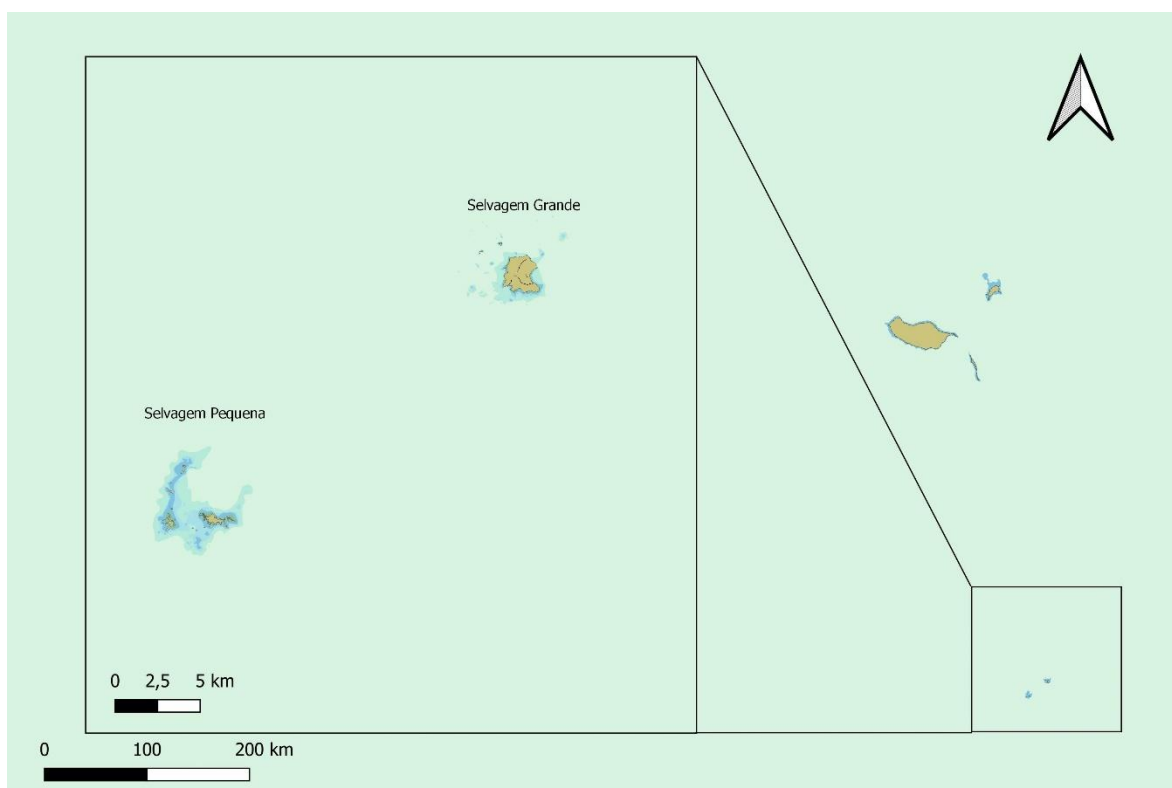


Figura 2 - Mapa de enquadramento geográfico das Ilhas Selvagens  
Fonte dos dados: Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

## **3.2. Morfologia e clima**

### **3.2.1. Hipsometria**

A ilha da Madeira encontra-se dividida ao nível da morfologia em duas zonas montanhosas: o Maciço Vulcânico Central, localizado na zona oriental da ilha; e o Maciço Ocidental, localizado na zona ocidental, separadas pelos vales de elevado pendente da ribeira de São Vicente (que drena para norte) e da Ribeira Brava (que drena para sul).

A cordilheira montanhosa central possui uma altitude média de 1200 m, sendo vários os picos que ultrapassam os 1600 m, onde se incluem o Pico Ruivo (1861 m) e o Pico do Arieiro (1810 m). A oeste dominam os planaltos com altitudes médias de 1400 m, onde sobressai o Paúl da Serra com 1620 m (SRA, 2015).

Ainda ao nível da morfologia, para além dos vários picos já atrás mencionados, que ocorrem no Maciço Central, merece destaque a zona do planalto do Paul da Serra. Esta zona planáltica, localiza-se no Maciço Ocidental e corresponde a área de aproximadamente 24 km<sup>2</sup>, com cotas que variam entre os 1300 e 1500 metros e exposição ligeira a sudoeste. O seu ponto mais elevado é o Pico Ruivo do Paul, quarto pico mais alto da ilha (1640 metros). O Paul da Serra é considerado uma das zonas da ilha com maior infiltração de água, dando um forte contributo para a recarga global estimada para a ilha da Madeira (SRA, 2015).

De acordo com Carvalho e Brandão (Carvalho, 1991), cerca de 23% da área emersa apresenta altitudes superiores a 1.000m e, acima da cota dos 500m, contabiliza um total percentual de 64%.

Através da consulta da Tabela 1, é possível verificar que apenas 4,9% da área total da ilha se encontra abaixo dos 100 m e abaixo dos 200 m encontra-se cerca de 11% da área total. É igualmente importante mencionar que aproximadamente 64% da área total da ilha da Madeira, situa-se acima dos 500 metros de altitude.

Relativamente à linha de costa, a ilha da Madeira é constituída predominantemente por arribas altas, as quais surgem com especial frequência na zona norte (Figura 3). No entanto, a arriba mais alta da ilha, o Cabo Girão, ocorre a oeste do Funchal, atingindo uma altitude de 580 metros. A linha de arribas é interrompida nos concelhos do Funchal e de Machico onde ocorrem algumas zonas de praia. Para além destes locais, as restantes zonas costeiras de cotas mais baixas encontram-se maioritariamente associadas a cursos de água (Ribeiro, 2009).

Tabela 1 - Quadro-resumo das classes hipsométricas na ilha da Madeira

Fonte dos dados: Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira, Secretaria Regional do Ambiente e Recurso Naturais (SRA, 2015)

| <b>Classe Hipsométrica (m)</b> | <b>Área (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (ha)</b> | <b>%</b> |
|--------------------------------|------------------------------|------------------|----------|
| 0 - 100                        | 36,1                         | 3610             | 4,88     |
| 100 - 200                      | 45,4                         | 4540             | 6,15     |
| 200 - 300                      | 54,7                         | 5470             | 7,4      |
| 300 - 400                      | 61,5                         | 6150             | 8,33     |
| 400 - 500                      | 67                           | 6700             | 9,07     |
| 500 - 600                      | 68,5                         | 6850             | 9,27     |
| 600 - 700                      | 67,9                         | 6790             | 9,18     |
| 700 - 800                      | 61,4                         | 6140             | 8,31     |
| 800 - 900                      | 56,1                         | 5610             | 7,59     |
| 900 - 1000                     | 47,2                         | 4720             | 6,39     |
| 1000 - 1100                    | 41,1                         | 4110             | 5,57     |
| 1100 - 1200                    | 36,2                         | 3620             | 4,9      |
| 1200 - 1300                    | 30                           | 3000             | 4,06     |
| 1300 - 1400                    | 22,1                         | 2210             | 2,99     |
| 1400 - 1500                    | 23,5                         | 2350             | 3,17     |
| 1500 - 1600                    | 15,1                         | 1510             | 2,05     |
| 1600 - 1700                    | 3,7                          | 370              | 0,5      |
| 1700 - 1800                    | 1,4                          | 140              | 0,19     |
| 1800 - 1900                    | 0,1                          | 10               | 0,01     |

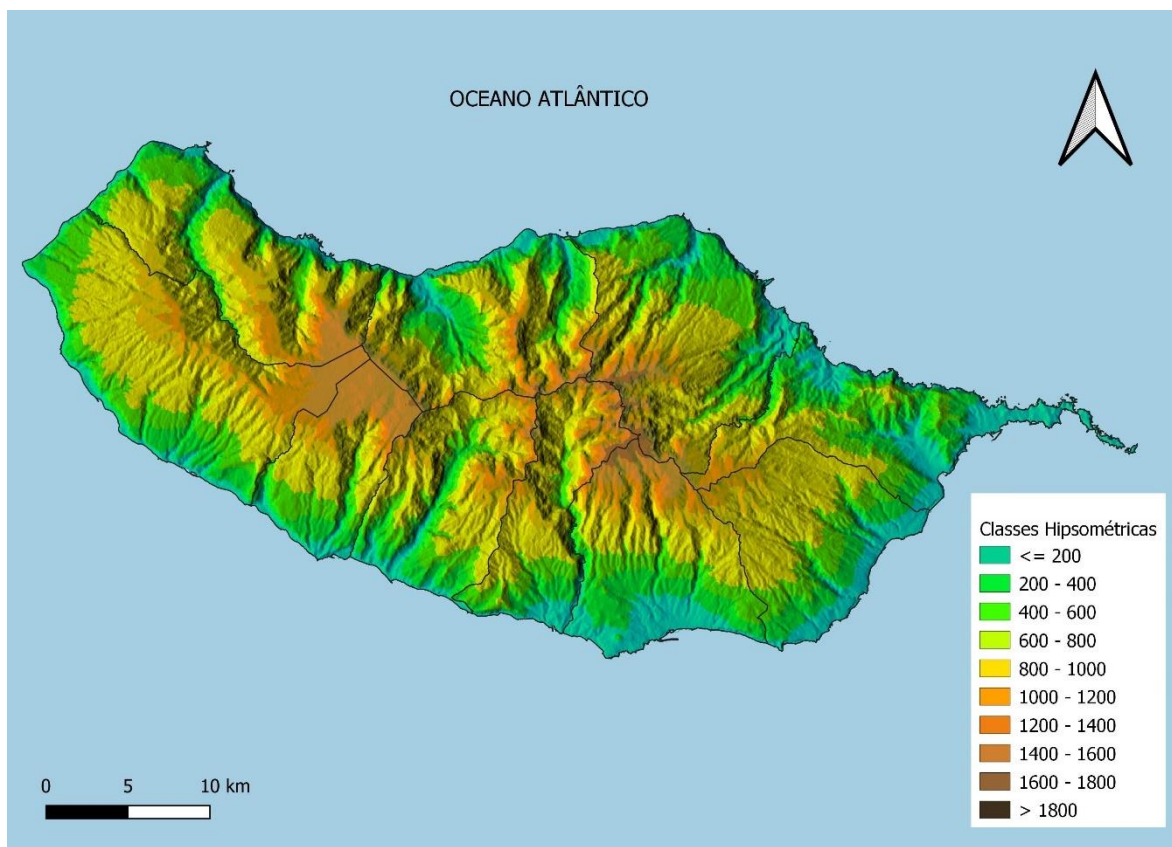


Figura 3 - Carta Hipsométrica da ilha da Madeira  
 Fonte dos dados: Modelo Digital Terreno (MDT), (Nextgis, 2023)  
 Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

### 3.2.2. Declives

A Madeira caracteriza-se pela distribuição por toda a ilha, de declives bastante acentuados, com especial relevo para as zonas circundantes às áreas montanhosas, consequência dos seus vales profundos e bastante encaixados (Figura 4), assumindo uma grande prevalência no setor norte da ilha. A Tabela 2 permite constatar que apenas 3,9% (28,6 km<sup>2</sup>) da área total apresenta declives inferiores a 5°, situados maioritariamente no planalto do Paúl da Serra e na cidade do Funchal, que corresponde à classe de declive com menor representatividade em toda a ilha. Por outro lado, a classe de declive entre os 30° e os 50°, ocupa a maior área (257,4 km<sup>2</sup>, cerca de 35%). Acima dos 50° de declive apresenta-se uma área considerável de 61,9 km<sup>2</sup> correspondendo a 8,3% da área total da ilha (SRA, 2015).



Figura 4 - Carta de Declives da ilha da Madeira

Fonte dos dados: Modelo Digital de Elevação (MDE), EOSDIS Earthdata (Earthdata, 2023)

Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

Tabela 2 - Resumo das Classes de Declive da ilha da Madeira

Fonte dos dados: Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais (SRA, 2015)

| Classes de Declive (°) | Área (Km <sup>2</sup> ) | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| 0-5                    | 28,6                    | 2860      | 3,9      |
| 5-10                   | 68,2                    | 5820      | 7,8      |
| 10-20                  | 167,5                   | 16750     | 22,6     |
| 20-30                  | 167,7                   | 16770     | 22,6     |
| 30-50                  | 257,4                   | 25740     | 34,7     |
| >50                    | 61,9                    | 6190      | 8        |

### 3.2.3. Hidrografia

No Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Arquipélago da Madeira (PGRH 2016 - 2021), ao nível da rede hidrográfica, a ilha da Madeira (Figura 5) é composta por ribeiras que têm as suas nascentes na cordilheira montanhosa central, que se desenvolvem em vales profundos e estreitos com declives acentuados. As principais ribeiras, apresentam quase na sua totalidade, desníveis superiores a 1200 m e raramente ultrapassam os 20 km de extensão. Os seus leitos, são compostos na sua generalidade, por sedimentos rochosos, onde muito raramente se pode observar deposição de sedimentos finos, dado o gradiente associado (PRAM, 2016).

Como resultado das suas características específicas, designadamente o facto de serem compostas por pequenas bacias hidrográficas, que atingem no máximo 52 km<sup>2</sup> (Ribeira da Janela) e declives muito acentuados, apresentam tempos de concentração muito curtos e um regime de escoamento intermitente e torrencial (Christofoletti, 1969). A ilha da Madeira é particularmente propícia à ocorrência de cheias repentinas, a que se associam elevados caudais de ponta de cheia, como resultado das elevadas intensidades da precipitação que ocorrem no arquipélago (PRAM, 2016)

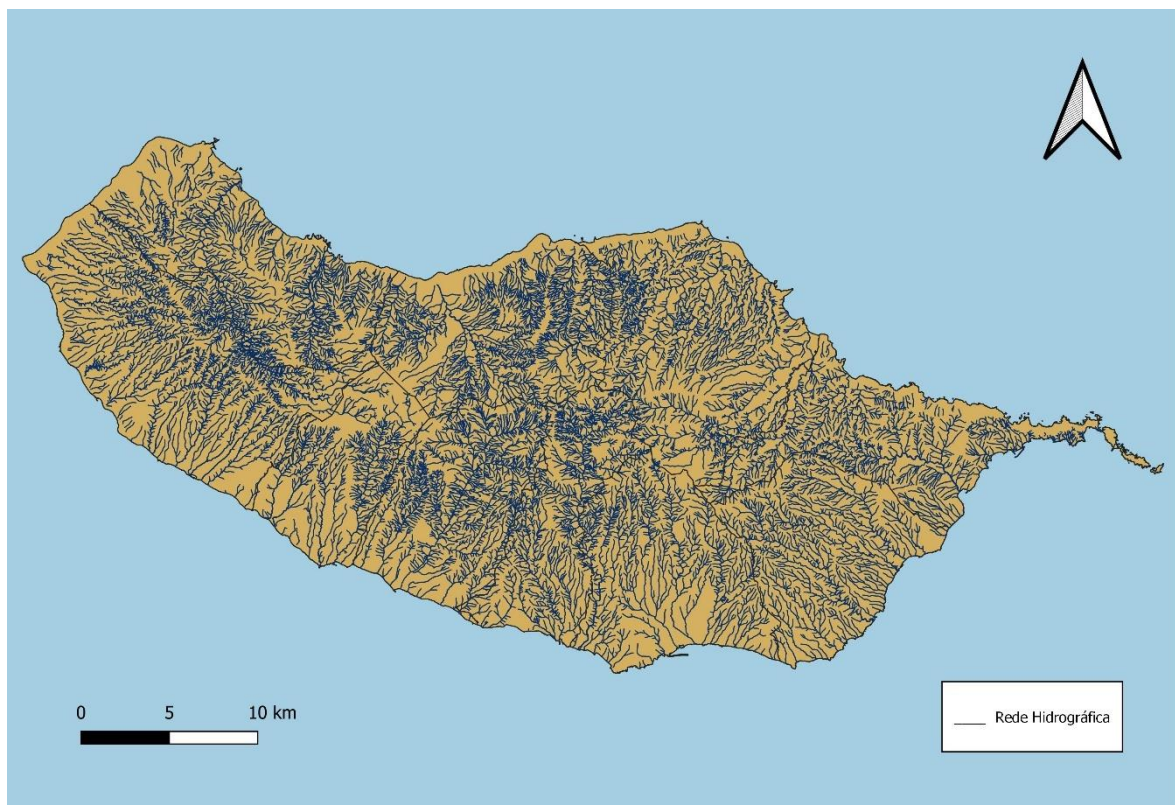


Figura 5 - Rede hidrográfica da ilha da Madeira  
Fonte dos dados: data nextgis (Nextgis, 2023)  
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

### **3.2.4. Clima**

O clima do arquipélago da Madeira, situado geograficamente numa região subtropical, encontra-se classificado e/ou corresponde ao grupo climático Mediterrânico (Ferreira, 1955), apresentando um clima ameno ao longo de todo o ano, com exceção das áreas mais elevadas, onde são registadas as temperaturas mais baixas e os valores de precipitação mais elevados, que diminuem à medida que se avança para o litoral (Sepúlveda, 2011).

O efeito moderador da sua posição oceânica, tem no arquipélago um papel fundamental, para a reduzida amplitude térmica.

O clima é principalmente condicionado pela intensidade e localização do anticiclone dos Açores, onde o relevo, a configuração e a orientação da ilha desempenham igualmente papéis importantes para o padrão climático, notando-se a distinção existente entre a vertente norte, mais exposta à circulação geral do ar (proveniente do Anticiclone dos Açores), e a homóloga orientada a sul, mais abrigada devido ao fator relevo (Ferreira, 1955).

Durante os meses de inverno, é frequente a ilha da Madeira ser atingida por sistemas depressionários provenientes de norte que atravessam o Atlântico e que podem dar origem a precipitações intensas. Nos meses de verão predominam os ventos provenientes do quadrante norte que estão associados ao ramo leste do anticiclone dos Açores (Madeira, 2023). Merecem ainda atenção os contrastes climáticos que resultam diretamente de alguns elementos do relevo, nomeadamente a altitude e os acentuados declives na ilha da Madeira (Ferreira, 1955), que favorecem a ocorrência de precipitação orográfica, tornando algumas áreas bastante húmidas e permitindo a existência de recursos hídricos significativos. O relevo, além do efeito da altitude, também induz diferenciação climática local, consequência da configuração alongada da Madeira e da sua orientação segundo a direção E-O, perpendicular à direção dominante do vento. Estes condicionamentos produzem temperaturas do ar e precipitações distintas à mesma cota em encostas com diferente exposição aos ventos dominantes (Brum da Silveira, 2010).

### **3.2.5. Temperatura**

A análise das características meteorológicas da Região Autónoma da Madeira, foi concretizada com recurso aos registos das estações meteorológicas do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) (Figura 6) (Tabela 3), cujas coordenadas foram gentilmente cedidas pela delegação do IPMA na Região Autónoma da Madeira.



Figura 6 - Estações meteorológicas IPMA – Delegação da Madeira  
 Fonte dos dados: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)  
 Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

Tabela 3- Lista das estações de observação meteorológica  
 Fonte dos dados: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) – Delegação da Madeira

| Nome da Estação | Altitude (m) | Concelho        | Ano de funcionamento | Vertente |
|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|----------|
| Observatório    | 50           | Funchal         | 1995                 | S        |
| Lido            | 256          | Funchal         | 2002                 | S        |
| Chão do Areeiro | 1590         | Funchal         | 2002                 | NE       |
| Quinta Grande   | 580          | Câmara de Lobos | 2010                 | S        |
| Lugar de Baixo  | 40           | Ponta do Sol    | 2002                 | SW       |
| Bica da Cana    | 1560         | Ponta Sol       | 2010                 | S        |
| Ponta do Pargo  | 298          | Calheta         | 2002                 | W        |
| Porto Moniz     | 35           | Porto Moniz     | 2014                 | N        |
| São Vicente     | 97           | São Vicente     | 2010                 | N        |
| Santana         | 380          | Santana         | 2010                 | NE       |
| São Lourenço    | 133          | Machico         | 2009                 | E        |
| Santo da Serra  | 660          | Machico         | 2010                 | SE       |
| Aeroporto       | 58           | Santa Cruz      | 2014                 | SE       |

De acordo com a análise climática referente ao período de 2001-2021, na ilha da Madeira, a média anual da temperatura mínima varia entre os 6°C nas áreas de maior altitude, e

13°C nas zonas costeiras. Nos meses de verão, a temperatura média atinge os 19°C nas regiões montanhosas e os 23°C nas áreas costeiras (Figura 7) (DRE Madeira D. R., 2023).

A temperatura média no Funchal para o período de referência é de 20,2°C. Quanto à temperatura máxima de que há registo, é de 35,3°C, e é referente ao mês de agosto. A ilha apresenta uma temperatura média anual de 18,4°C. Os dados climáticos para o período de referência 2000-2021 indicam um aumento da temperatura média anual na ilha da Madeira. Nas regiões montanhosas, nomeadamente na estação meteorológica do Chão do Areeiro, a temperatura média anual é de 10,3°C e no Funchal (Observatório Meteorológico) de 20,2°C. A estação meteorológica que regista a temperatura média anual mais elevada no arquipélago é a do Lugar de Baixo (Ponta do Sol) com 20,7°C (DRE Madeira D. R., 2023).

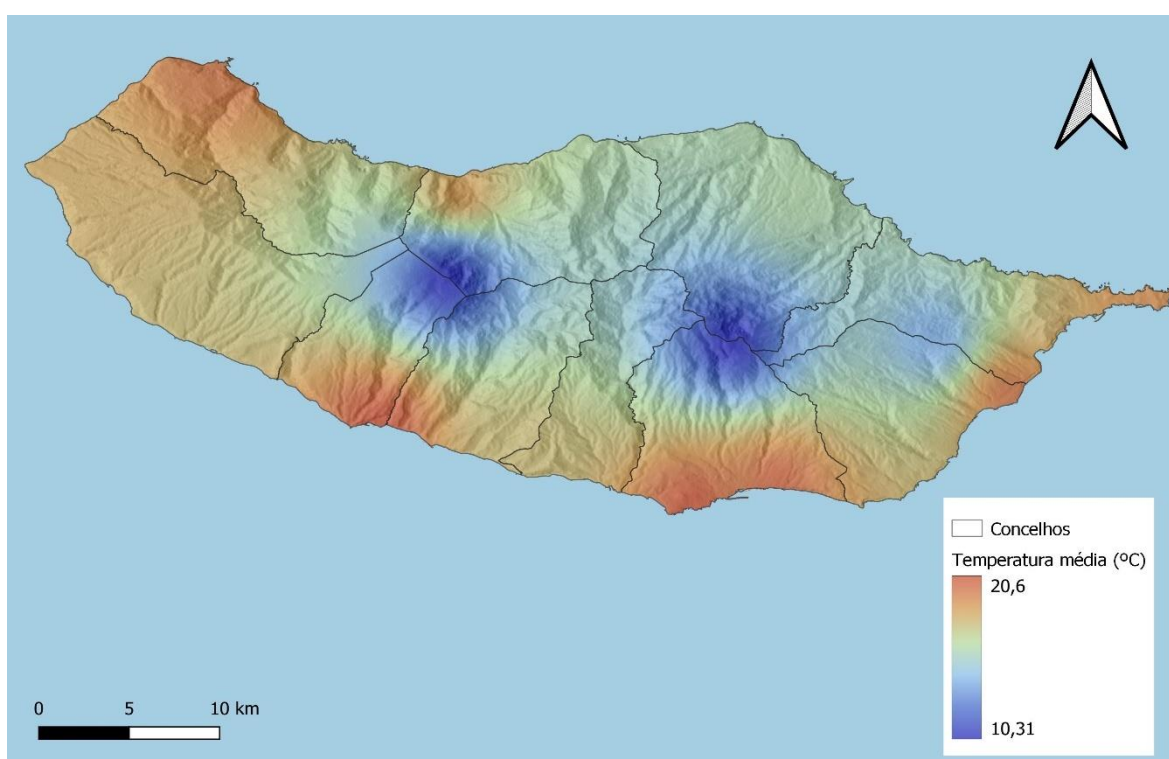


Figura 7 – Temperatura média anual (°C) no período de referência 2000-2021  
Fonte dos dados: Direção Regional de Estatística (DRE Madeira D. R., 2023)  
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

### 3.2.6. Precipitação

A média da precipitação acumulada anualmente na ilha da Madeira, de acordo com a normal climatológica (1961 – 1990), atinge um máximo próximo dos 3000 mm nas regiões montanhosas, e um mínimo no Funchal de 641 mm (DRE Madeira D. R.-D., 2023).

A assimetria N-S da distribuição da precipitação acumulada, torna-se menos acentuada no inverno, comparando com a escala anual, embora continue a ser uma das características significativas da distribuição espacial de precipitação. Os valores anuais médios da

precipitação aumentam com a altitude, sendo em regra, superiores na encosta norte, em comparação com a encosta sul, para a mesma altitude.

Em termos médios, segundo a normal climatológica, as maiores precipitações anuais ocorrem na Bica da Cana e no Areeiro com um máximo próximo de 3000 mm/ano, enquanto as menores ocorrem no Funchal com cerca de 650 mm (Madeira, 2023).

Nos meses de verão, observam-se valores a rondar os 150 mm de precipitação nas zonas altas (exceto Arieiro) e valores ligeiramente inferiores a 50 mm na costa sul da ilha.

O facto de chover mais a norte da ilha da Madeira durante o verão está claramente associado ao rumo dominante do vento nesta estação (quadrante norte) e ao facto de a precipitação ser essencialmente orográfica. A ilha da Madeira apresenta em média 61 dias com precipitação significativa (> 1 mm) e cerca de 20 dias com precipitação elevada (> 10 mm) (DRE Madeira D. R.-D., 2023).

De salientar que para o período de referência 2000-2021, os valores da precipitação acumulada na ilha da Madeira têm diminuído relativamente à normal climatológica (Figura 8). Na Bica da Cana e Chão do Areeiro a precipitação anual acumulada diminuiu para cerca de 2148 mm e 1825 mm, respetivamente (Madeira, 2023). No Funchal a tendência de diminuição é igualmente confirmada, registando uma média anual de 589 mm (DRE Madeira D. R.-D., 2023)

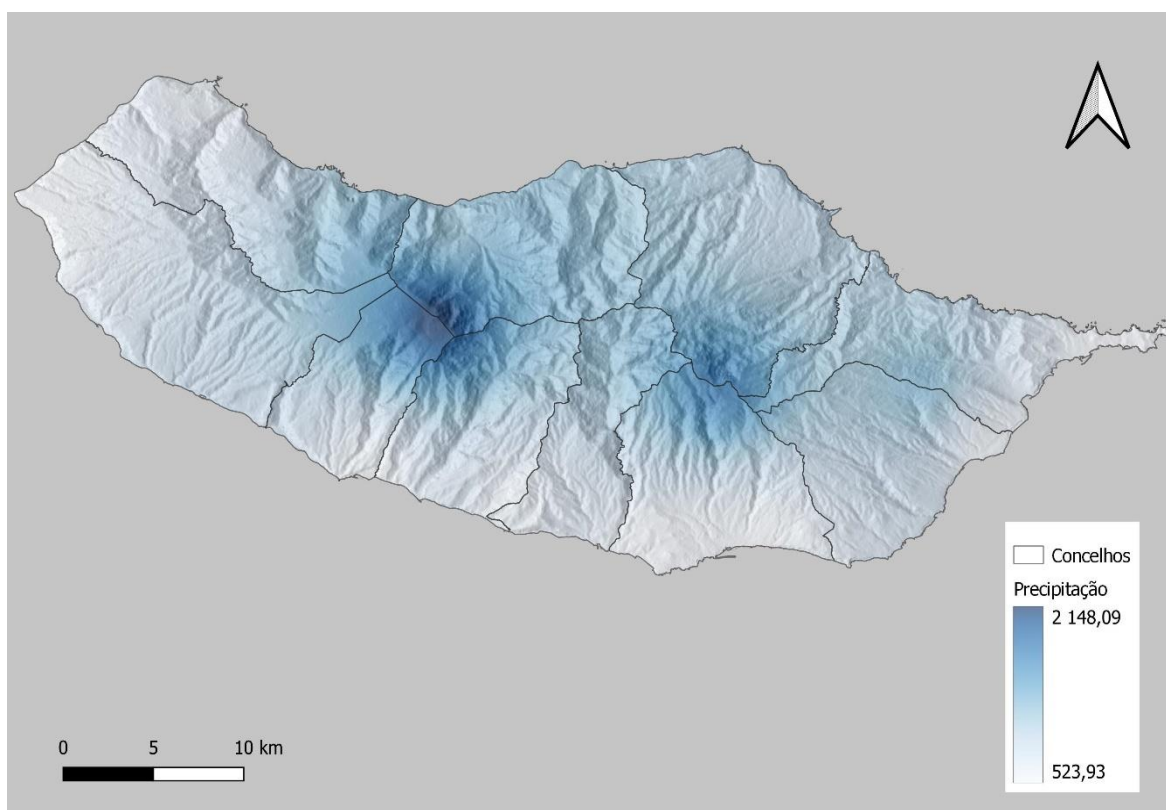


Figura 8 - Precipitação média anual no período de referência 2000-2021  
Fonte dos dados: Direção Regional de Estatística (Estatística, 2023)  
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

### **3.3. Porto do Funchal**

#### **3.3.1. Enquadramento histórico**

O porto do Funchal, conheceu ao longo da sua história, etapas distintas no âmbito do desenvolvimento das infraestruturas portuárias e dos seus tráfegos, alternando entre períodos de grande prosperidade e períodos de crises mais ou menos profundas, motivados essencialmente por fatores de ordem histórica, económica e política (Figueira, 2004; Sousa, 1989).

Durante vários séculos, embora fortemente limitado ao nível das infraestruturas, o porto do Funchal, em função da sua localização e da situação geográfica, foi um importante porto de escala nas rotas do Atlântico, assumindo um papel preponderante no desenvolvimento económico e social da cidade e da região (Figueira, 2004). A sua construção foi realizada de forma faseada, iniciando-se com a ligação de terra ao ilhéu de São José, seguindo-se a ligação ao ilhéu da Pontinha e finalmente o prolongamento e as melhorias contínuas que se iniciaram em 1762 e finalizaram com a construção da Gare Marítima do Funchal em 2010 (Pereira, 2013).

A evolução e alteração dos paradigmas no transporte marítimo, a alteração dos padrões do comércio internacional, bem como o desenvolvimento do transporte aéreo e o declínio do transporte marítimo de passageiros, tiveram implicações nos tráfegos e nas funções desempenhadas pelo porto do Funchal, conduzindo à necessidade de potenciar o desenvolvimento das infraestruturas portuárias (Vieira, 1994).

Os fatores anteriormente identificados, associados à evolução do contexto, interno e externo, têm desencadeado modificações significativas na função estratégica que o porto do Funchal desempenha no sistema portuário regional, conduzindo-o a uma especialização funcional, vocacionada para o mercado de cruzeiros e obrigando à modernização e adaptação das suas infraestruturas, instalações e equipamentos.

#### **3.3.2. Caracterização**

O porto do Funchal é um porto de mar, dedicado exclusivamente à atividade turística, através da receção de navios de cruzeiro. Situa-se na parte sudoeste da ilha da Madeira, numa pequena baía formada pela encosta natural entre a Ponta da Cruz e a Barreirinha (Figura 9), tratando-se de uma localização privilegiada pela proteção que daí advém (Garcia, 2016). Geograficamente a enseada do porto do Funchal, localiza-se a 32° 38' 4" de latitude Norte e 16° 54' 7" de longitude Oeste, e dispõe de uma bacia com fundos de natureza arenosa, entre a batimétrica -3,0 m (ZH), junto ao enraizamento do molhe sul e -20,0 m (ZH), na extremidade leste da bacia (Ramos, 2009).

No Arquipélago da Madeira, o ZH localiza-se 1,40 m abaixo do NMA para a estação maregráfica do porto do Funchal (Funchal, 1913). As cotas do Cais 2 e Cais 3 encontram-se a 5,10 m e do Cais 6 a 4,10 m (APRAM, 2023).

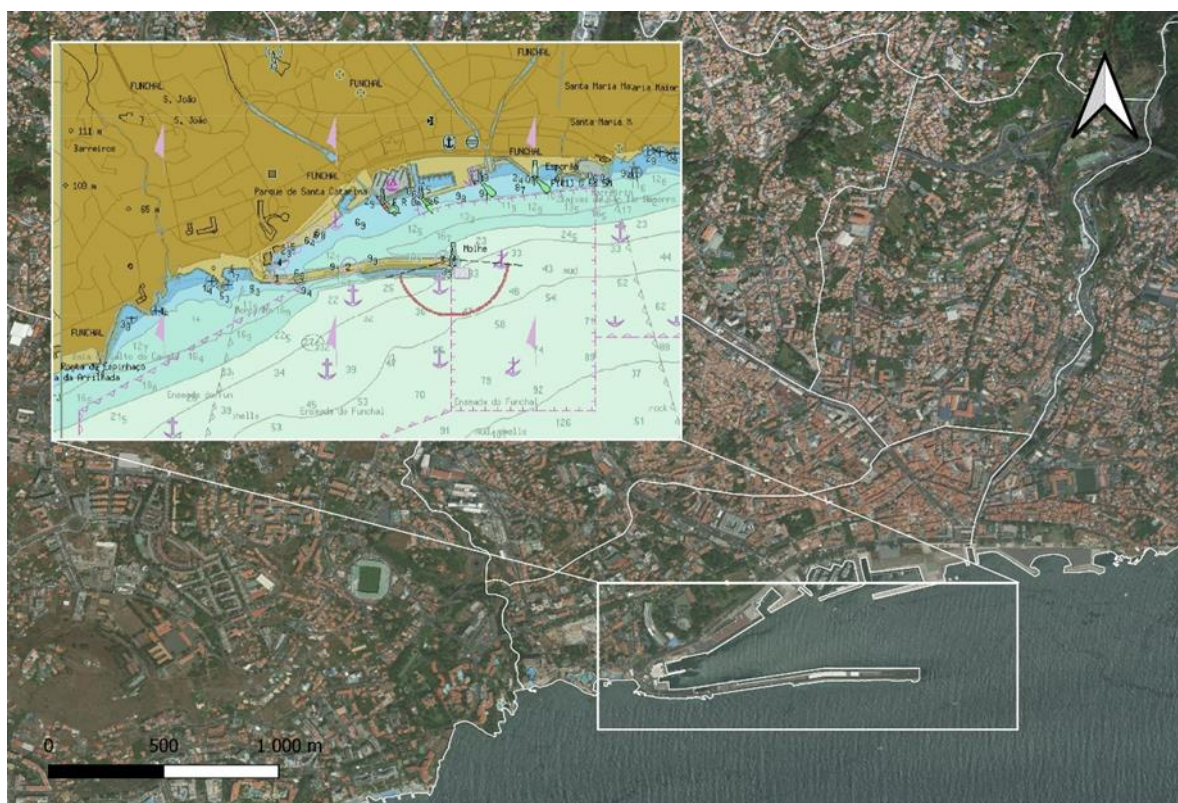


Figura 9 - Mapa de caracterização do porto do Funchal  
Fonte dados: Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A. (APRAM, 2023)  
Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)

O porto do Funchal encontra-se estruturalmente dividido em duas zonas de atracação distintas, a zona Sul e a zona Norte. Cada uma destas zonas, possui características próprias para corresponder às necessidades operacionais e do mercado de cruzeiros.

A zona Sul é composta pelo molhe da Pontinha (cais Sul) e encontra-se enraizada no Forte de São José, com uma orientação próxima do W-E. A plataforma do cais Sul, apresenta um comprimento total de cais acostável de 922 metros, com uma superfície total de 32.000 m<sup>2</sup>, decomposto em três troços: o Cais 1, o Cais 2 e o Cais 3.

O Cais 1, vai desde o enraizamento até ao Forte da Nossa Senhora da Conceição, e tem 150 metros de frente acostável, com cotas -6,5 m (ZH) (APRAM, 2023). No enraizamento do cais existe um terminal para as ligações marítimas regionais, através de uma rampa Roll-on/Roll-off fixa, a qual funciona para a receção do ferry (Lobo Marinho), que faz a ligação regular à ilha do Porto Santo.

O Cais 2, destinado à acostagem de navios de cruzeiro, tem um comprimento de 425 metros e fundos com cota de -10,0 m (ZH) (APRAM, 2023), e encontra-se localizado entre o ilhéu da Nossa Senhora da Conceição e o ponto de inflexão do molhe.

O Cais 3, encontra-se situado entre o ponto de inflexão e a cabeça do molhe. Conta com 347 metros de comprimento, e fundos com cota -11,0 m(ZH) (APRAM, 2023). Este cais, à semelhança do cais 2, destina-se à acostagem de navios de cruzeiro.

A zona Norte do porto é composta por três cais, numerados de 4 a 6, caracterizáveis da seguinte forma:

O Cais 4, encontra-se localizado no extremo oeste do porto e é constituído por uma pequena doca, limitada a sul por uma ponte-cais, destinada a apoiar a frota de pesca local, dando acesso ao Entrepasto de Frio e à Lota do Funchal. O lado sul da ponte-cais que limita a doca é destinada à atracação dos navios da Marinha Portuguesa com fundos de -6,0 m(ZH).

O Cais 5, está situado imediatamente a nascente do cais de pesca, tem 95 metros de comprimento e fundos da ordem de -6,0 m(ZH). Este cais destina-se à receção de embarcações de pesca e a embarcações de serviço do porto.

O cais 6 é igualmente destinado à acostagem de navios de cruzeiro, com comprimento de 260 metros e fundos com cota -7,5 m(ZH) (APRAM, 2023).

### **3.3.3. Análise da exposição aos ventos**

Durante o período de inverno, alguns sistemas depressionários que atravessam o Atlântico, influenciados pelo anticiclone da Europa Ocidental ou pela Frente Polar, descem até à latitude da Madeira, observando-se nesta altura a formação de depressões na vizinhança do arquipélago, que por vezes origem a ventos fortes. Por outro lado, nos meses de verão predominam os ventos provenientes do quadrante norte, que estão associados ao ramo leste do anticiclone dos Açores (Avelar, 2015). Importa ainda referir a importância dos contrastes climáticos que resultam diretamente de alguns elementos do relevo, nomeadamente a altitude e os acentuados declives da ilha da Madeira e a diferente exposição à radiação solar nas vertentes norte e sul, que influenciam as características ao nível local.

Embora o porto do Funchal esteja localizado numa enseada voltada sul, a exposição ao vento continua a ser uma das vulnerabilidades identificadas nos processos de avaliação do risco. No caso do específico do presente estudo, foram recolhidas as médias mensais dos valores do vento no período de 2012-2021 (DRE Madeira D. R.-D., 2023), para o cálculo da frequência relativa (Figura 10), com recurso ao programa de modelação *WRPLOT View – Freeware*.

A velocidade média do vento distribuída por octantes (rumo) e a respetiva frequência encontra-se representada na Figura 10 e descrita na Tabela 4 - Rumo predominante dos ventos (2012-2021). Os ventos de norte e de sudoeste são os mais frequentes no Funchal,

embora os quadrantes este e oeste apresentem maiores valores de intensidade média mensal.

Na análise aos dados da Figura 10, pode verificar-se que no período de referência (2012-2021), os ventos do quadrante SW apresentam o maior valor de frequência relativa (39%), ainda que com média mensal da velocidade do vento inferior a 4 nós<sup>1</sup>. Esta característica condiciona os padrões de segurança dos navios em porto, especialmente os que apresentam maior área de exposição. Não obstante os dados apresentados serem de importância vital para a gestão das operações, importa igualmente conjugar não apenas a recorrência, azimute e velocidade dos ventos, mas igualmente o período do ano associado aos respetivos regimes (Tabela 4).

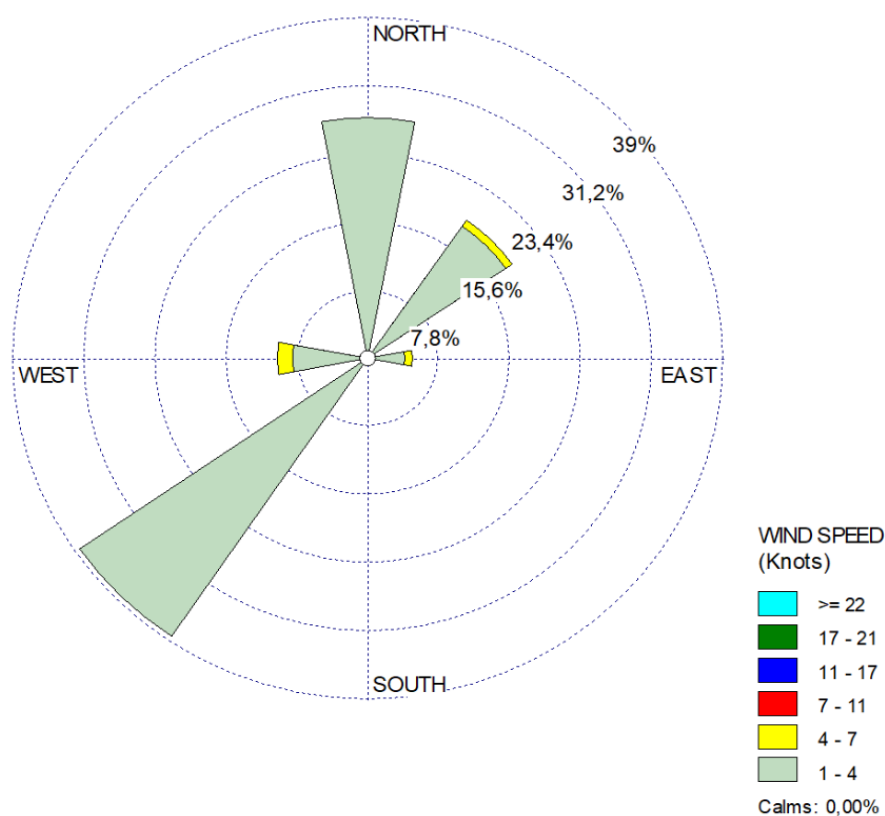


Figura 10 - Gráfico de predominância e velocidade média de ventos (2012-2021)  
Fonte dos dados: Direção Regional de Estatística (Estatística, 2023)

<sup>1</sup> 1 nó = 1,85 Km/h

Tabela 4 - Rumo predominante dos ventos (2012-2021)  
 Fonte dos dados: Direção Regional de Estatística (Estatística, 2023)

| Rumo predominante dos ventos |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mês                          | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| janeiro                      | E    | N    | N    | NE   | NE   | NE   | N    | N    | N    | NE   |
| fevereiro                    | NE   | E    | N    | N    | N    | N    | NE   | NE   | NE   | W    |
| março                        | NE   | W    | N    | N    | NE   | NE   | W    | N    | N    | E    |
| abril                        | NE   | N    | SW   | SW   | W    | SW   | SW   | NE   | NE   | W    |
| maio                         | W    | N    | SW   | SW   | SW   | W    | SW   | SW   | W    | SW   |
| junho                        | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   |
| julho                        | W    | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   |
| agosto                       | W    | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   |
| setembro                     | N    | SW   | W    | N    | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   | SW   |
| outubro                      | W    | N    | N    | N    | N    | SW   | N    | N    | NE   | NE   |
| novembro                     | N    | N    | N    | E    | NE   | NE   | NE   | NE   | N    | NE   |
| dezembro                     | N    | N    | NE   | N    | E    | NE   | N    | N    | N    | E    |

Para a adequada gestão do risco não importa conhecer apenas os regimes climáticos do ponto de vista dos valores “normais”, mas sobretudo a sua variação espacial local e regional e a frequência dos valores extremos (Figura 12).

Conjugando a análise do rumo predominante dos ventos, com a respetiva intensidade em regime extremo (Figura 12) e período anual que ocorrem, constata-se que a predominância SW decorre maioritariamente no período de época baixa, não sendo, no entanto, de menosprezar as ocorrências em abril, que podem alterar as condições de segurança em algumas escalas.

O tratamento dos dados estatísticos das rajadas (Figura 12), realizado com recurso ao *WRPLOT View – Freeware*, demonstra uma percentagem na ordem dos 20%, associada ao quadrante SW e com intensidades superiores a 22 nós.

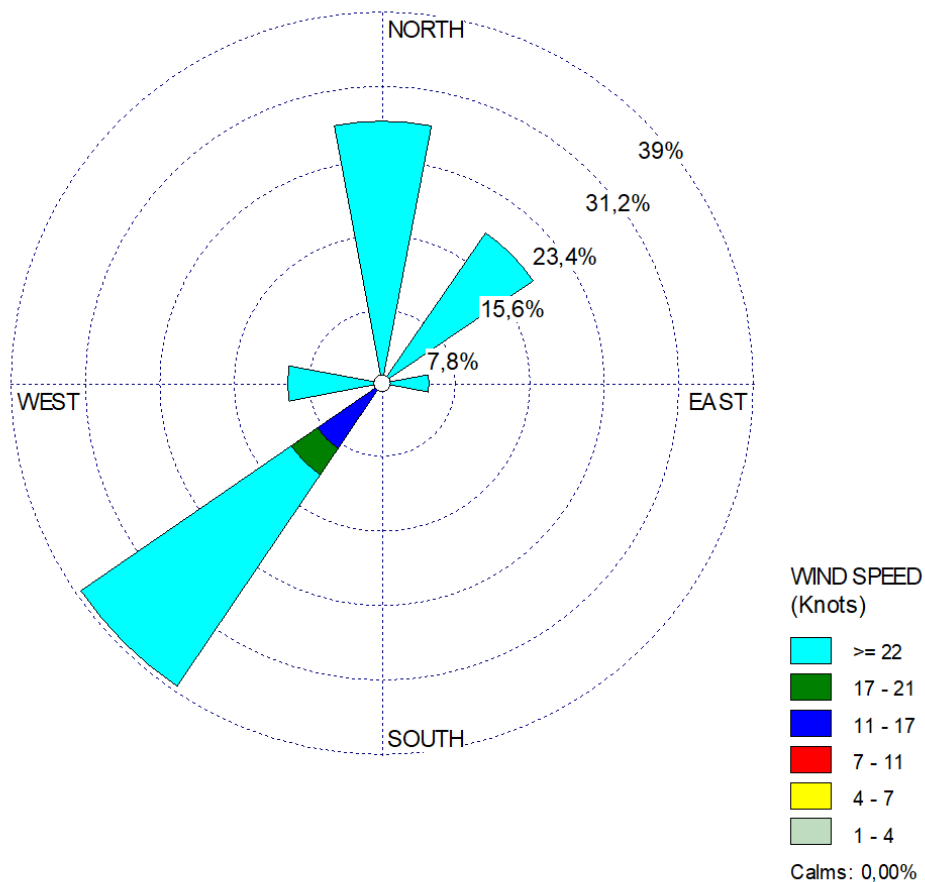


Figura 11- Gráfico de predominância de ventos - Rajadas (2012-2021)  
 Fonte dos dados: Direção Regional de Estatística (Estatística, 2023)

Outra das análises que deverá ser tida em consideração, embora com baixa recorrência, são os ventos do quadrante E, que atingem maiores valores de intensidade e criam um maior grau de exposição da bacia de manobra e na permanência dos navios em cais (Figura 12). As situações de calma, não estão representadas em virtude de os valores estatísticos corresponderem à média mensal.

Na Figura 12, pode verificar-se o posicionamento da estação de referência (Observatório), em relação ao porto do Funchal.



Figura 12 – Localização geográfica da estação Observatório (552)  
 Fonte dos dados: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)  
 Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022 (CAOP, 2022)  
 Imagem secundária <https://www.jm-madeira.pt/> (24-04-2023)

### 3.3.4. Análise da exposição à ondulação

A análise da exposição à ondulação foi realizada, tendo por base os dados fornecidos pelo Instituto Hidrográfico, referente às observações obtidas pela estação ondógrafo direcional do Funchal, localizada na costa sul da ilha da Madeira, durante os anos 1996 a 2017 (Sepúlveda, 2011).

#### **Condições médias**

Com base no conjunto de todas as observações registadas no período anteriormente indicado, foram construídas as respetivas tabelas e gráficos para obter as distribuições de frequência relativas de cada um dos parâmetros altura significativa ( $H_m0$ ) e direção média associada ao período de pico ( $T_{hpt}$ ).

Relativamente à distribuição de cada um dos parâmetros observados, salienta-se:

**Altura significativa (Hm0):** os valores mais frequentes para a altura significativa, encontram-se entre 0,5 e 1,0 m (58%); aproximadamente 96% dos registos correspondem a alturas significativas inferiores a 2 m; alturas superiores a 3 m são cerca de 1%; a média é 0,9 m, para um desvio padrão de 0,5 m. O valor máximo de Hm0 registado no período em questão, foi de 5,91 m em dezembro de 2010 (Figura 13) (Tabela 5) (Hidrográfico, 2023).

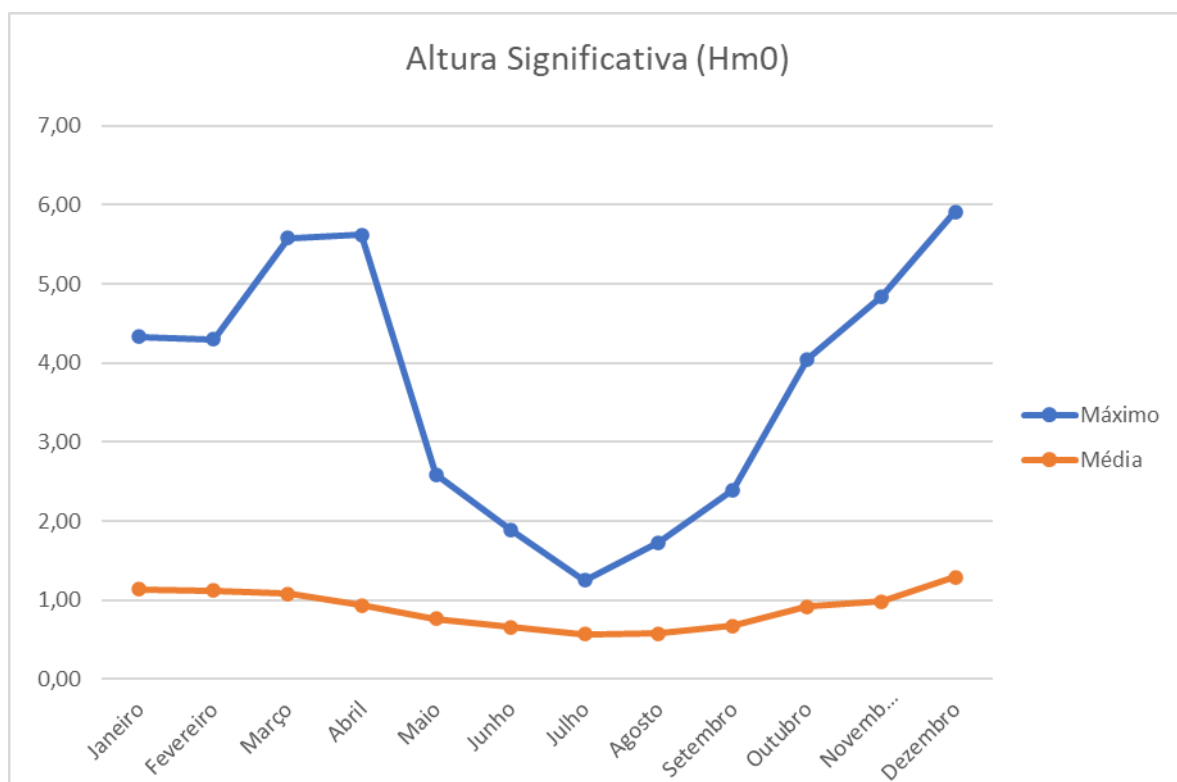


Figura 13 – Gráfico da média e máximo mensal de Hm0 (1996-2017)

Fonte dos dados: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo Funchal

Tabela 5 - Estatística da altura significativa na boia Funchal - Hm0 (1996-2017)

Fonte dos dados: Instituto Hidrográfico (Hidrográfico, 2023)

| Hm0       | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão | % Registos válidos |
|-----------|--------|--------|-------|---------------|--------------------|
| Janeiro   | 0,34   | 4,33   | 1,14  | 0,49          | 72                 |
| Fevereiro | 0,33   | 4,30   | 1,12  | 0,53          | 72                 |
| Março     | 0,26   | 5,58   | 1,08  | 0,58          | 72                 |
| Abril     | 0,30   | 5,62   | 0,93  | 0,51          | 72                 |
| Maio      | 0,24   | 2,59   | 0,76  | 0,31          | 72                 |
| Junho     | 0,24   | 1,89   | 0,66  | 0,23          | 70                 |
| Julho     | 0,25   | 1,25   | 0,57  | 0,15          | 72                 |
| Agosto    | 0,26   | 1,73   | 0,58  | 0,18          | 74                 |
| Setembro  | 0,25   | 2,39   | 0,67  | 0,27          | 80                 |
| Outubro   | 0,30   | 4,05   | 0,92  | 0,49          | 85                 |
| Novembro  | 0,30   | 4,84   | 0,98  | 0,51          | 69                 |
| Dezembro  | 0,37   | 5,91   | 1,29  | 0,81          | 77                 |
| Verão     | 0,24   | 5,62   | 0,69  | 0,32          | 73                 |
| Inverno   | 0,26   | 5,91   | 1,09  | 0,6           | 75                 |
| Global    | 0,24   | 5,91   | 0,89  | 0,52          | 74                 |

**Período médio (Tm):** os valores mais frequentes para o período médio, situam-se entre 4 e 5 s (42%); cerca de 93% dos registos correspondem a períodos médios inferiores a 7 s; resultando numa média de 5,1 s, com um desvio padrão de 1,1 s e um máximo 12,3 s (Figura 14 (Tabela 6) (Hidrográfico, 2023).

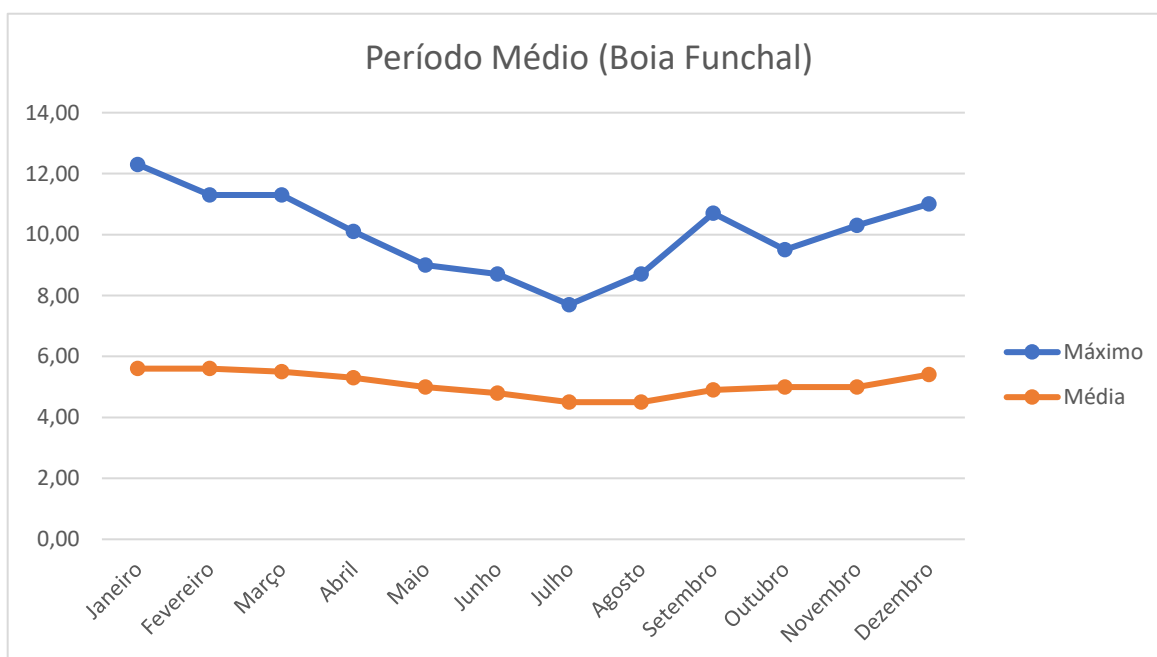


Figura 14 - Gráfico da média e máximo mensal de Tm

Fonte dados: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo Funchal (Hidrográfico, 2023)

Tabela 6 - Estatística do período médio na boia Funchal - TM (1996-2017)  
 Fonte dos dados: Instituto Hidrográfico (Hidrográfico, 2023)

| Tm        | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão | % Registos válidos |
|-----------|--------|--------|-------|---------------|--------------------|
| Janeiro   | 3,30   | 12,30  | 5,60  | 1,20          | 72                 |
| Fevereiro | 3,10   | 11,30  | 5,60  | 1,20          | 72                 |
| Março     | 3,10   | 11,30  | 5,50  | 1,20          | 72                 |
| Abril     | 3,00   | 10,10  | 5,30  | 1,10          | 72                 |
| Maio      | 2,90   | 9,00   | 5,00  | 0,90          | 72                 |
| Junho     | 2,90   | 8,70   | 4,80  | 0,90          | 70                 |
| Julho     | 2,70   | 7,70   | 4,50  | 0,70          | 72                 |
| Agosto    | 2,80   | 8,70   | 4,50  | 0,80          | 74                 |
| Setembro  | 2,80   | 10,70  | 4,90  | 1,20          | 80                 |
| Outubro   | 3,00   | 9,50   | 5,00  | 1,00          | 85                 |
| Novembro  | 2,80   | 10,30  | 5,00  | 1,00          | 69                 |
| Dezembro  | 3,00   | 11,00  | 5,40  | 1,20          | 77                 |
| Verão     | 2,70   | 10,70  | 4,80  | 1,00          | 73                 |
| Inverno   | 2,80   | 12,30  | 5,30  | 1,20          | 75                 |
| Global    | 2,70   | 12,30  | 5,10  | 1,10          | 74                 |

**Período de pico (Tp):** os valores mais frequentes situam-se entre 10 s e 12 s num total de 28%; cerca de 25% dos registos correspondem a Tp inferior a 8 s e períodos superiores a 12 s são cerca de 29%; a média é 10,2 s, o desvio padrão 3,2 s e o máximo 18,2 s (Hidrográfico, 2023).

**Direção média associada ao período de pico (Th<sub>tp</sub>):** os valores mais frequentes são provenientes de W (44%), seguindo-se E com cerca de 15% dos registos; observações entre os quadrantes W e S correspondem a cerca de 70% das observações e entre S e E são cerca de 30% (Figura 15) (Hidrográfico, 2023).

Na análise das distribuições conjuntas, constata-se que o estado de mar predominante é do quadrante W, com altura significativa (H<sub>m0</sub>) de 0,5 – 1,5 m, período médio (TM) de 4 - 6 s e período de pico (Tp) de 10 - 12 s. Observa-se também uma componente de E, com alturas significativas de 0,5 – 1 m, período médio de 4 - 6 s e período de pico de 6 - 8 s (Hidrográfico, 2023).

De salientar que alturas significativas superiores a 3 m correspondem a 1% das observações e são provenientes de SW - W, com valores de TM de 6 - 8 s e Tp entre 8 - 12 s. Verifica-se igualmente que a ondulação proveniente de SSW está relacionada, na sua maioria, com períodos de pico entre os 12-16 s e alturas inferiores a 1m (Figura 16) (Hidrográfico, 2023).

Os resultados tornam evidente um claro padrão sazonal, sendo o inverno caracterizado por valores mais elevados de alturas e períodos, com aumento da percentagem de observações provenientes de W. No Verão, as alturas e os períodos médios apresentam valores mais baixos e aumenta o número de ocorrências de E e SSW (Hidrográfico, 2023).

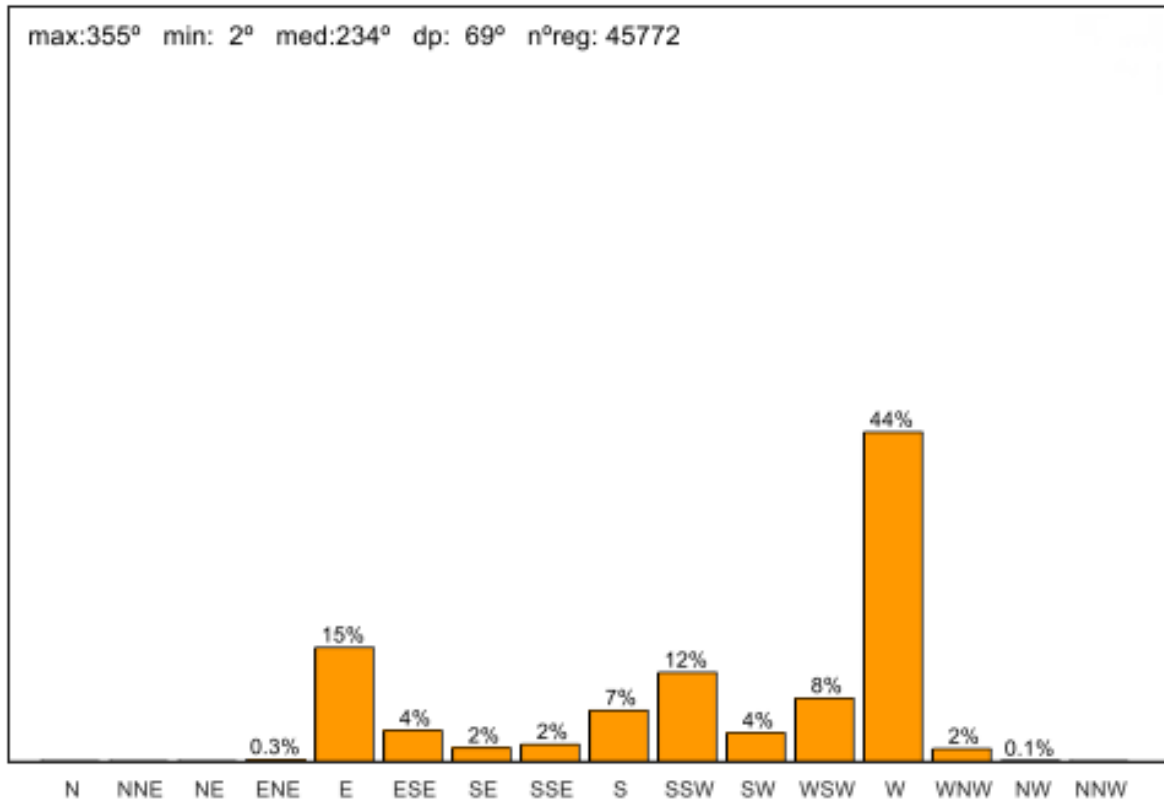


Figura 15 - Distribuição de frequência relativa de Thtp

Fonte: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo do Funchal (Hidrográfico, 2023)

De salientar que dada a localização geográfica da boia, abrigada da agitação do quadrante norte, os resultados não caracterizam o clima de agitação marítima da costa sul da ilha, mas apenas da bacia do Funchal.

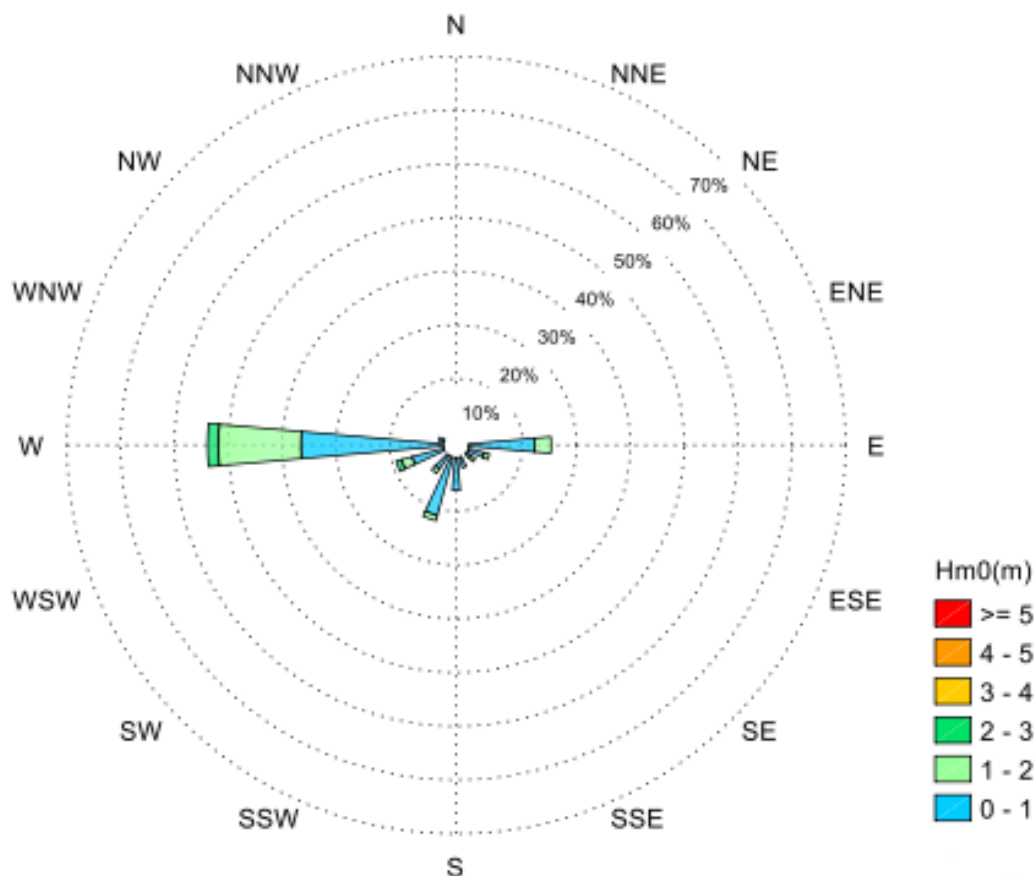


Figura 16 - Distribuição conjunta de frequência relativa Thtp-Hm0  
 Fonte: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo do Funchal (Hidrográfico, 2023)

### **Condições extremas**

Considerando o conjunto de todas as observações registadas, segue-se uma breve análise dos temporais registados entre novembro de 1996 e dezembro 2017. Considerou-se existir temporal sempre que a altura significativa excedeu o limiar de 2,5 m durante um período não inferior a 6h, e no qual tenham sido registados valores superiores a 3 m; 6h foi considerado o período mínimo de separação de temporais (Hidrográfico, 2023).

No período em análise, de acordo com os critérios definidos no parágrafo anterior, identificaram-se 68 períodos de temporal, cuja distribuição por direção é apresentada na Figura 17.

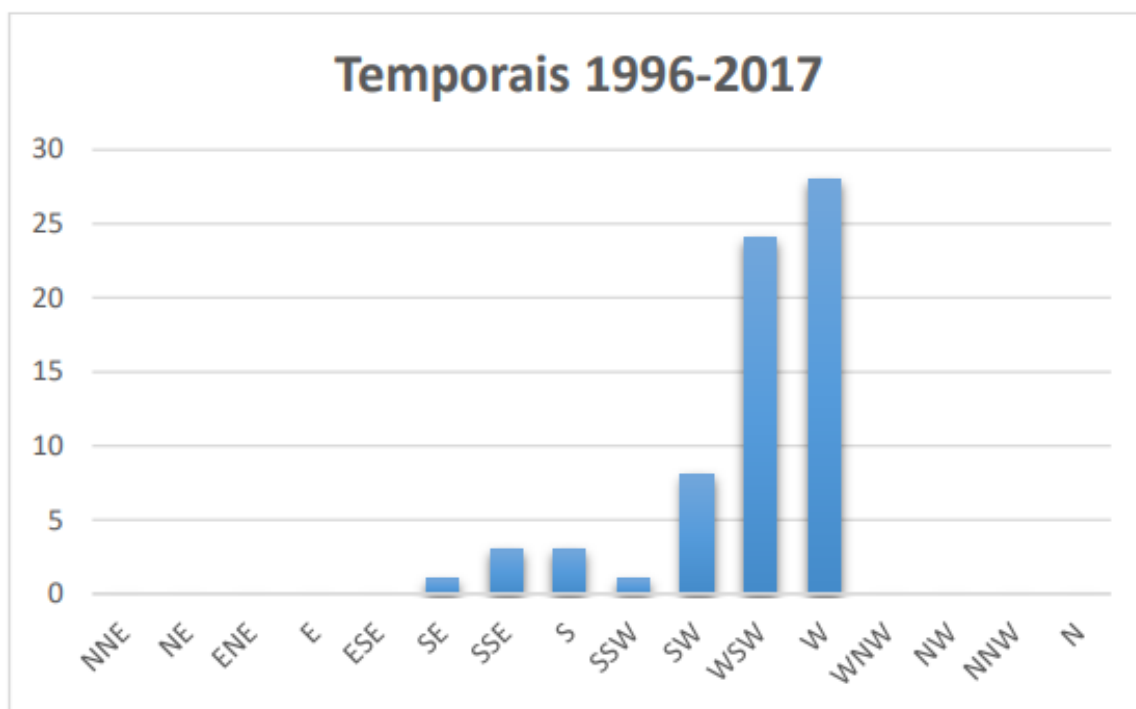


Figura 17 - Número de temporais registados na boia do Funchal  
 Fonte: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo Funchal (Hidrográfico, 2023)

As direções predominantes de ocorrência dos temporais são W e WSW (28 e 24 temporais, respetivamente); quanto à altura significativa máxima atingida, contabilizaram-se 39 temporais entre 3 – 4m; 24 entre 4 – 5m e 5 temporais entre 5 – 6m. Na Tabela 7 apresenta-se a lista dos temporais em que a altura significativa excedeu 5m<sup>2</sup> (Hidrográfico, 2023).

Tabela 7 - Temporais registados na boia do Funchal com Hm0 superior a 5m  
 Fonte dos dados: Instituto Hidrográfico – Estação ondógrafo do Funchal (Hidrográfico, 2023)

| Data             | Duração (dias) | Hm0 max (m) | Hmax max (m) | DIR med | Tm (s) | TP (s) |
|------------------|----------------|-------------|--------------|---------|--------|--------|
| 16 a 18 dez 2002 | 2,10           | 5,18        | 10,03        | WSW     | 7,10   | 10,5   |
| 07 a 10 abr 2008 | 2,30           | 5,62        | 11,80        | WSW     | 7,20   | 10,7   |
| 04 a 08 dez 2010 | 3,60           | 5,91        | 11,56        | WSW     | 7,30   | 11,0   |
| 03 a 06 mar 2013 | 3,10           | 5,58        | 10,12        | WSW     | 7,50   | 11,5   |
| 10 dez 2013      | 0,40           | 5,29        | 8,96         | SSE     | 7,00   | 9,5    |

Pode então concluir-se que na maior parte dos períodos de inverno, existe ondulação do quadrante W, desalinhada com o vento, que é maioritariamente de N/NE. Esta conjugação da análise das características morfológicas e climáticas permitirá enquadrar a

<sup>2</sup> De salientar que a estação do Funchal esteve inativa no período de dezembro de 2013 a agosto de 2015, pelo que não foram registados os temporais ocorridos no inverno rigoroso de 2014.

vulnerabilidade das operações nos diferentes trimestres de atividade e, desta forma, avaliar a perigosidade de um Major Incident.

De acordo com o Regulamento de Exploração da Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, no Porto do Funchal, as manobras de navios de cruzeiro devem ter em conta as seguintes condições de vento e ondulação:

- a) Até 16 nós (força 4): sem restrições;
- b) De 16 a 27 nós (força 6) e ondulação até três metros, podem condicionar a manobra de navios, dependendo do quadrante do vento e tipo de navio:
  - i. Ventos condicionantes: Quadrante N/NE, SE, S/SW;
  - ii. Navios convencionais sem auxiliares de manobra.
- c) Superior a 27 nós (força 7) e ondulação superior a três metros: não se efetuam movimentos (APRAM, 2023).

Da conjugação de análise às condicionantes de manobra de navios e características do vento e ondulação, pode-se constatar que aproximadamente 96% dos registos correspondem a alturas significativas inferiores a 2 m; alturas superiores a 3 m são cerca de 1%, ou seja a condicionante de ondulação é praticamente nula para a série de dados recolhidos entre novembro de 1996 e dezembro 2017.

No que respeita ao vento, no período de referência 2012-2021, os do quadrante SW apresentam o maior valor de frequência relativa (39%), embora com média mensal da velocidade do vento inferior a 4 nós, durante o período de verão, ou seja, a condicionante da ondulação encontra-se desfasada da do vento no período temporal da operação.

Assim, as condicionantes passam a ser maioritariamente associadas ao regime de ventos.

### **3.3.5. Atividade**

No que respeita à atividade de transporte marítimo de passageiros, contabilizaram-se, em 2022, 323 navios de cruzeiro entrados nos portos da Região Autónoma da Madeira, na sua grande maioria observados no primeiro trimestre (95 escalas) e no quarto trimestre (130 escalas), períodos de época alta para o mercado de cruzeiros na área geográfica da Macaronésia. Quando comparado com 2021, existiu um incremento de 198 navios de cruzeiro que fizeram escala nos portos Região Autónoma da Madeira, mas se comparado com 2019, foram apenas mais 25 navios de cruzeiro (DRE Madeira D. R.-D., 2023). Ao nível do porto do Funchal, a variação, centrou-se maioritariamente no resultado da reabertura do mercado de cruzeiros e respetivo incremento de escalas no primeiro semestre de 2022, com um acréscimo de 158 escalas, conforme é possível constatar na Figura 18 (APRAM, 2023).

Importa ainda referir, que a inexistência de movimentos de navios de cruzeiro no primeiro semestre de 2021, deve-se ao período de interregno na atividade decorrente da pandemia de COVID-19.

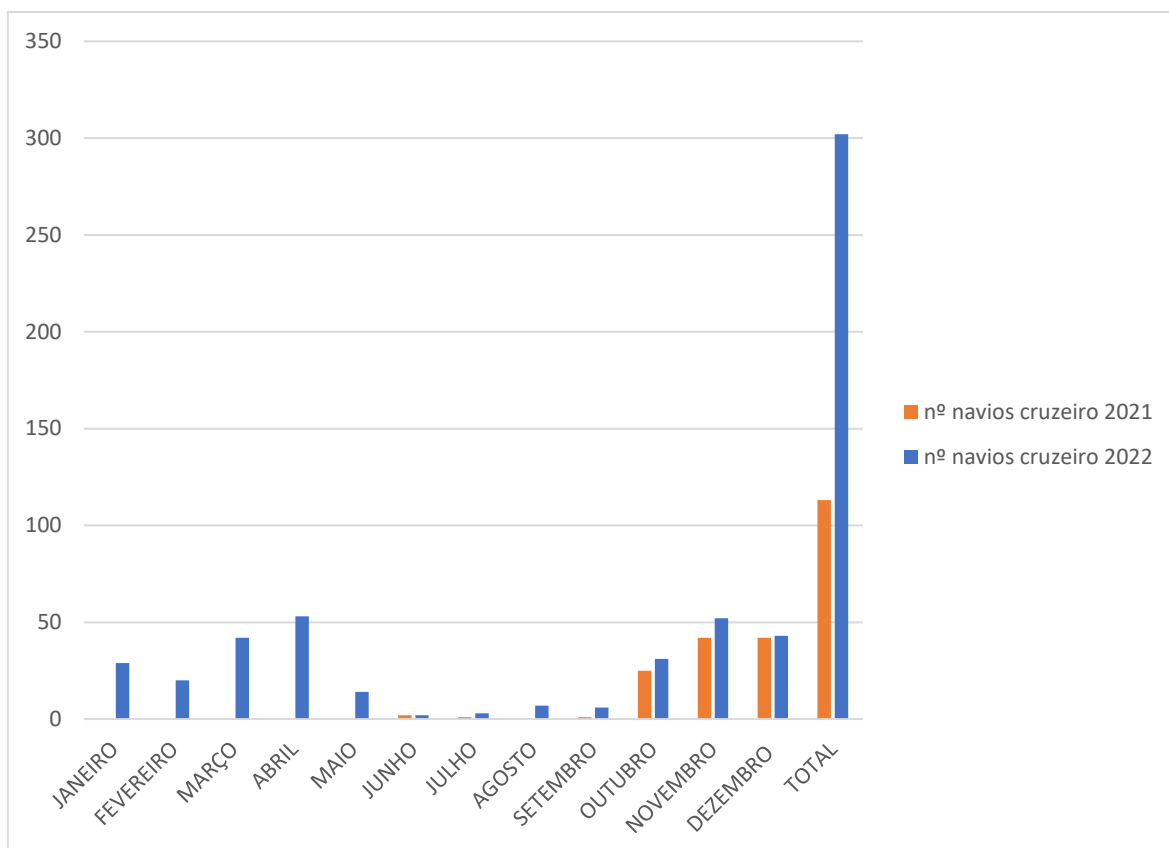


Figura 18 - Estatística de navios de cruzeiro no porto Funchal (2021-2022)

Fonte dos dados: Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A. (APRAM, 2023)

Relativamente ao número de passageiros em trânsito na Região Autónoma da Madeira, também foi possível constatar um aumento, tendo sido atingido os 410 283 passageiros, o que representa um acréscimo de 260,5% relativamente ao ano anterior (-30,3% que em 2019) (DRE Madeira D. R.-D., 2023).

Em 2022, o Porto do Funchal recebeu 406 419 passageiros em trânsito, do total global, a larga maioria dos quais constituída por europeus (88,0%). As nacionalidades predominantes foram a britânica (42,8% do total; -8,7% face a 2019), a alemã (34,7% do total; -40,6% face a 2019), e a italiana (quota de 2,7%; -44,4% face a 2019). Note-se ainda que neste ano o número de norte-americanos que passou pelo Porto do Funchal baixou para 7,7% do total, -7,5% face a 2019) (DRE Madeira D. R.-D., 2023).

Na linha regular Madeira-Porto Santo, o número de passageiros, no 4.º trimestre de 2022, aumentou 17,5% em relação ao mesmo trimestre de 2021, superando os valores do mesmo trimestre de 2019 (+15,1%). Em termos anuais, o número de passageiros transportados, em 2022, foi de 339,8 mil, o que representa uma subida relativamente ao

do ano anterior (+32,2%; -6,4% face ao 4.º trimestre de 2019) (DRE Madeira D. R.-D., 2023).

Destaca-se assim que o enquadramento do arquipélago (geográfico e climático), demonstra claramente a razão da sua popularidade junto dos turistas. Esta popularidade tornou-o num mercado em expansão e levou a que o porto do Funchal assumisse uma posição de grande importância no tráfego de turismo e na economia regional.

O crescimento consistente da atividade turística associada aos navios de cruzeiro, não teve, no entanto, o correspondente acompanhamento, ao nível das medidas de planeamento e preparação, para uma eventual emergência/*Major Incident*.

Neste contexto, a avaliação prévia do impacto e das respetivas necessidades específicas, representam um enorme desafio para as Administrações Portuárias (AP), designadamente, no que respeita à capacitação da resposta de uma região ultraperiférica, com enorme foco no turismo de cruzeiros.

O modelo de capacitação de resposta a incidentes, ou acidentes com navios de passageiros, requer uma abordagem proativa por parte da Autoridade Portuária, de forma a acautelar as necessidades de emergência e socorro, comprometendo o mínimo possível as operações comerciais.

Neste contexto, assume especial relevo o conceito de resiliência portuária e a sua importância na capacitação de resposta.



## **4. Conceito do Risco**

### **4.1. Evolução histórica**

O conceito de risco é antecedente ao aparecimento da ciência, ou seja, ainda não existia qualquer ciência relacionada com o risco e a temática já era fortemente debatida, ainda que fosse aplicada apenas a ideia, sem o necessário suporte científico, nem a utilização explícita da palavra (Rebelo, 1999).

Os esforços de maior relevo para introduzir a noção de risco no contexto científico, foram promovidos pela UNESCO, em 1987, numa reunião em Paris onde foi abordado o risco, maioritariamente na componente empresarial. Seguidamente foram sendo apresentados trabalhos que viriam a ser compilados no livro intitulado "*Le risque et la crise*", publicado em Malta, em 1990, pela Fundação para os Estudos Internacionais da Universidade de Malta e pelo Centro Europeu de Coordenação para Investigação e Documentação em Ciências Sociais, com sede em Viena (Neves, 2010).

Na sequência da crescente preocupação relativa à temática, com a realização de diversos seminários relacionados com o tema e o aparecimento de institutos associados aos estudos de cindínica, nasceu o Centro Europeu para o Estudo dos Riscos e das Catástrofes (GEERC) (Neves, 2010).

### **4.2. Contextualização**

A evolução transversal da sensibilidade relativa à temática das catástrofes, tem sido uma das enormes impulsionadoras para que a comunidade científica, sinta cada vez mais a necessidade de estudar as dinâmicas sociais (comportamento humano / vulnerabilidade social) e os riscos naturais e tecnológicos, ou seja, causas que provocam ameaça ao homem e aos seus bens (Rebelo, 1999).

Embora tenha existido uma significativa evolução nas temáticas associadas ao risco, continua a não ser possível eliminar por completo determinados perigos, nem controlar integralmente os fatores de risco que têm causado perturbação na vida de milhares de pessoas em todo o mundo.

A estratégia mais eficaz para reduzir as consequências ambientais, económicas e sociológicas dos riscos, são as medidas de prevenção e mitigação que podem permitir, em grande parte, reduzir significativamente as perdas humanas e económicas.

É ainda importante salientar, que neste contexto é crucial colocar o risco como função da perigosidade e da vulnerabilidade, em virtude das medidas mitigação atuarem quase sempre sobre a redução da vulnerabilidade (Rebelo, 1999). Não obstante, a prevenção

deve contribuir de forma eficaz para evitar perdas de vidas humanas e, conseqüentemente, permitir uma abordagem mais eficiente das ações a desencadear pelos intervenientes na preparação e resposta, bem como na fase de reabilitação e recuperação da sociedade, da economia e do ambiente, assumindo neste contexto um papel fulcral na componente de planeamento do gestor de emergência e socorro

Ao nível da análise de um *Major Incident* no porto do Funchal, a contextualização e os conceitos associados ao risco, assumem enorme importância no desenvolvimento de um modelo de coordenação, que assegure a eficiência na resposta à emergência e na reposição da normalidade, tanto na componente de *safety*, como de *security*.

### 4.3. Conceitos subjacentes

São vários os conceitos associados ao risco, que assumem especial importância ao longo da presente dissertação, sendo por isso essencial, efetuar a sua explicação separadamente.

Considerando ser do conhecimento comum, que os conceitos relacionados com o processo de avaliação do risco, têm sido objeto de estudo e discussão científica um pouco por todo o mundo e que, embora sejam mais ou menos específicos das ciências cindínicas e comuns às várias áreas do saber, nem sempre são entendidos por todos com o mesmo significado, muitas das vezes decorrente das alterações de contexto, aplicabilidade e área de ocorrência, apresentam-se as definições e respetivas interligações entre as principais variáveis que integram o risco (Figura 19).

**Perigo** – processo ou ação natural, tecnológico ou misto suscetível de produzir perdas e danos (ANEPC, 2009).

**Severidade** - Capacidade do processo ou ação para produzir danos, em função da sua magnitude, intensidade, grau, velocidade ou outro parâmetro que melhor expresse o seu potencial destruidor (Hermenegildo, 2022).

**Suscetibilidade** - Propensão de uma área para ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência (Hermenegildo, 2022).

**Exposição, Elementos Expostos, Elementos em Risco** - População, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso natural, tecnológico ou ambiental, num determinado território (Hermenegildo, 2022).

**Vulnerabilidade** – potencial para gerar vítimas, bem como perdas económicas para os cidadãos, empresas ou organizações, em resultado de uma dada ocorrência (ANEPC, 2009).

**Perigosidade** - ‘Probabilidade de ocorrência de um fenómeno natural potencialmente danoso, com determinada intensidade ou magnitude [a que está associado um potencial de destruição], num período específico e numa dada área’ (Cardona, 2003).

**Probabilidade** – potencial/frequência de ocorrências com consequências negativas para a população, bens ou ambiente (ANEPC, 2009).

**Dano Potencial** - O dano potencial de um elemento é o produto do seu valor económico pela vulnerabilidade que lhe é intrínseca (Hermenegildo, 2022).

**Risco** – probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências (ANEPC, 2009).

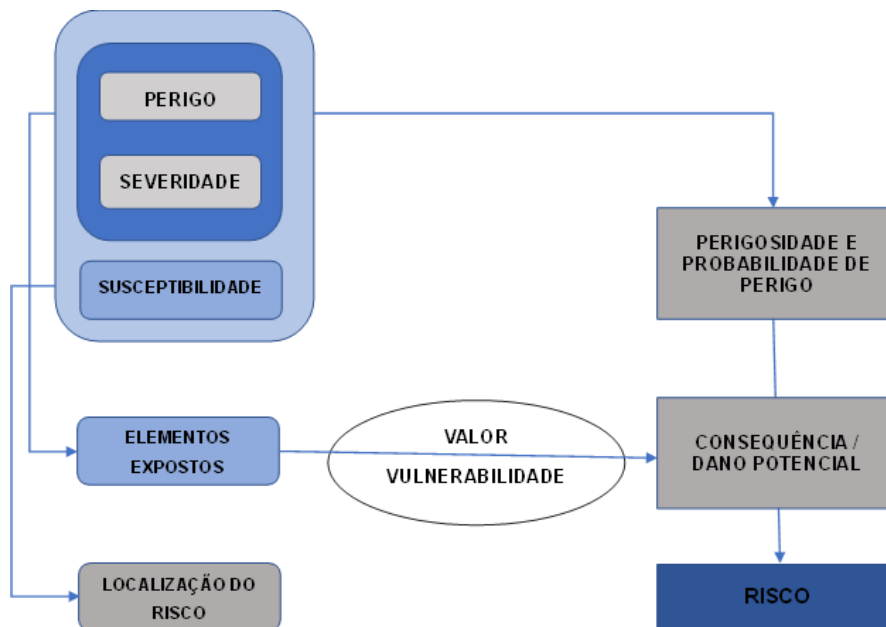


Figura 19 - Articulação dos principais conceitos na avaliação do Risco

Fonte: Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco (Julião, 2009)

O desenvolvimento e estruturação das medidas proativas para a gestão do risco, associadas aos conceitos abordados no presente capítulo, são a base para o incremento da resiliência portuária e devem ser estruturadas de acordo com a norma EIC 31010:2019. Embora não seja objetivo primário da presente dissertação, uma abordagem pormenorizada das técnicas aplicáveis aos processos de gestão do risco, são inúmeras as medidas aplicáveis às diferentes fases da identificação do risco, análise do risco e avaliação do risco (IEC 31010, 2019), que integram os diferentes processos de construção de resiliência portuária (Figura 20).

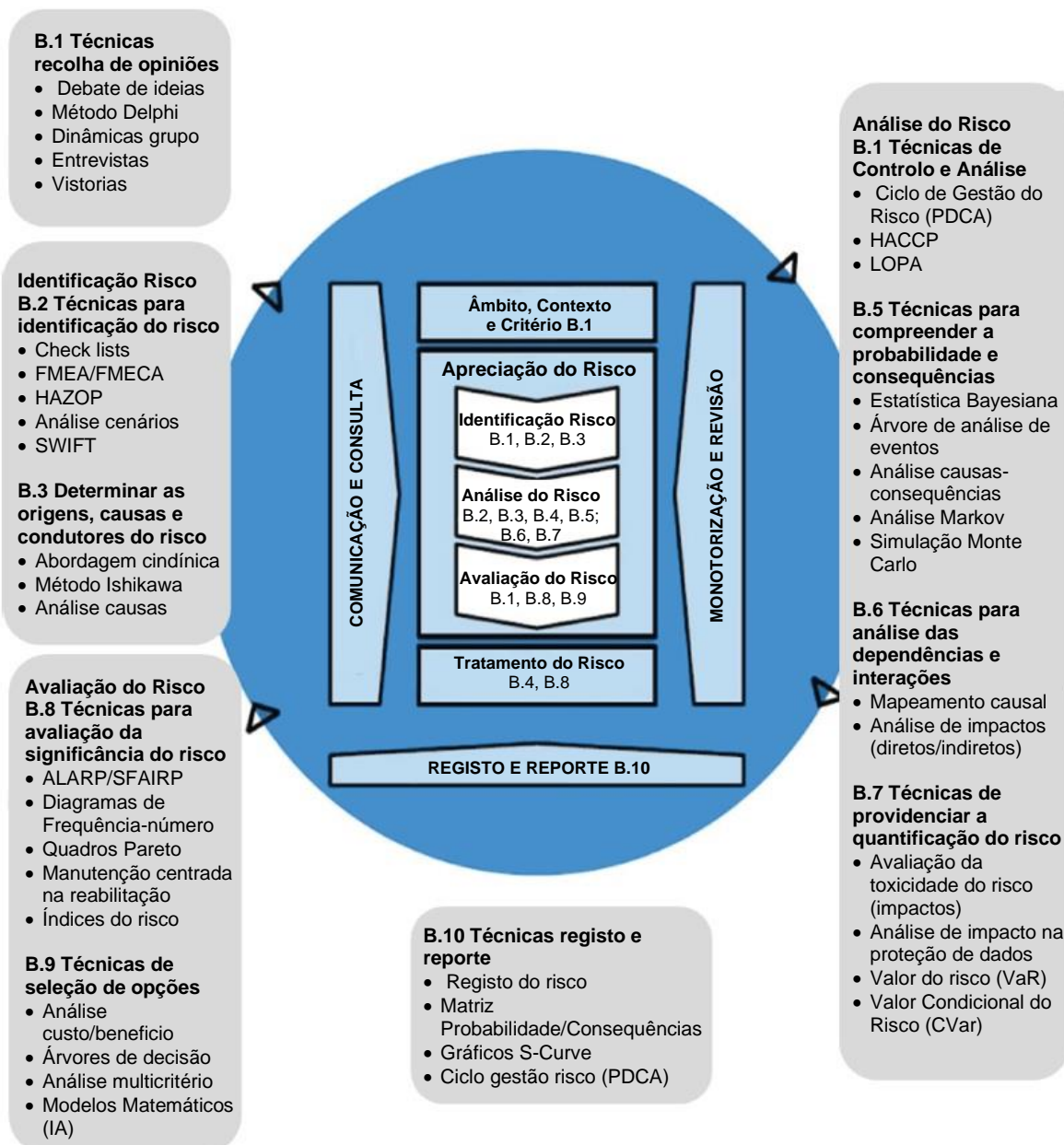


Figura 20 – Processo Genérico de Gestão do Risco

Fonte: Adaptado da norma EIC 31010:2019

## 5. Resiliência portuária

### 5.1. Processo construtivo

O processo de criação de resiliência portuária é desenvolvido por etapa, através de uma forte visão estratégica dos órgãos de gestão, que devem considerar as medidas ao nível da governação que permitam minimizar os riscos conhecidos e analisar o horizonte, com o objetivo de identificar ameaças e oportunidades emergentes. A assunção dos riscos, deverá ser adequada e controlada, potenciando o desenvolvimento de uma cultura de gestão do risco, que permita abordar os vários tipos de problemas de forma transversal e proteger-se de danos à reputação.

Neste contexto, torna-se importante enquadrar o conceito de resiliência associado à atividade portuária. Assim, a resiliência de um porto, é a capacidade para manter operacionais, face à diversidade de perturbações (pandemias, catástrofes naturais e ataques cibernéticos ou terroristas), um nível de serviço aceitável para assegurar a sua atividade operacional (serviços e infraestruturas aos navios, cargas e outros clientes).

Esta capacidade é variável, mediante fatores como a dimensão, a localização e o tipo de operações do porto.

Embora não exista, um leque de doutrina referente à resiliência portuária, tão diversificado como em outras áreas da gestão de emergência e socorro, o modelo apresentado por Igor Linkov em 2017, para a resiliência do transporte marítimo, representa os conceitos doutrinários e o enquadramento conceptual da presente dissertação

A resiliência de um porto, pode ser analisada, segundo a sua capacidade de resposta nos seguintes campos:

**Capacidade de absorção:** Representa a capacidade de um porto ou infraestrutura portuária em absorver o impacte de determinada perturbação, assegurando um nível mínimo de serviços. Esta capacidade implica atributos como a robustez, a redundância e a visibilidade. Conceptualmente, um sistema robusto, não é afetado por algumas perturbações em virtude de as conseguir absorver, ou suportar. A título de exemplo, os portos, têm características técnicas e de conceção das infraestruturas, que conferem um determinado nível de robustez a perturbações geofísicas como as tempestades. De acordo com as respetivas características, ao nível da infraestrutura, os portos podem também resistir a perturbações, acelerando e expandindo as suas operações ou armazenando stocks adicionais nos terminais, o que significa a existência de uma reserva técnica e de uma reserva de armazenagem para a sua resiliência. Importa também mencionar que a disponibilização de informações, em tempo real, tende a reduzir o impacte nas cadeias de abastecimento conexas, durante as perturbações (Igor Linkov, 2017).

**Capacidade de recuperação:** Representa a capacidade de um porto, ou infraestrutura portuária, em recuperar de uma perturbação específica para um padrão de serviços, semelhante ou mesmo superior ao que antecedeu a ocorrência. O elemento principal de capacitação, para um porto responder a um evento perturbador, é a sua preparação e dos recursos que podem ser mobilizados para conter e reduzir a perturbação (estratégia preventiva). O elemento secundário da capacidade de recuperação, envolve a restauração, o que implica a capacidade de o porto regressar a um estado operacional normal, com a sua capacidade associada (estratégia reativa). Após a introdução da capacidade de recuperação, o resultado pode ser uma perda de capacidade operacional, uma vez que as atividades decorrentes, conduzem a níveis mais baixos de eficiência. Poderá também existir em alguns casos, decorrente do processo de aprendizagem, um incremento da eficiência e desde logo um ganho de capacidade nas operações (Igor Linkov, 2017).

**Capacidade de adaptação:** Representa a capacidade de um porto para reajustar as suas operações e mesmo a sua gestão, quer em antecipação (estratégia preventiva), quer em reação (estratégia reativa) a uma perturbação. O desenvolvimento desta capacidade envolve estratégias de flexibilidade, para que o porto possa ajustar as suas operações de forma a atenuar as perturbações, por exemplo, alterando os horários e fluxos de trabalho. Um porto pode igualmente dispor de um nível de agilidade, que permita a capacidade de responder rapidamente a perturbações, incluindo uma bolsa de recursos humanos, com valências diversificadas para a realização de várias tarefas. Através de um planeamento de operações e fluxo, a carga pode ser encaminhada através de diferentes terminais dentro do mesmo porto ou através de diferentes portos. Nos casos em que o porto faz parte de um sistema portuário com ligações robustas (rodoviárias, ferroviárias) ao *hinterland*, a sua capacidade de adaptação é reforçada através de esforços de colaboração. Por último, e não menos importante, o porto deve assegurar um canal de comunicação permanente para informar com exatidão as partes interessadas das alterações que está a implementar, de modo a que estas possam ajustar as suas próprias operações (Igor Linkov, 2017).

Na Figura 21, é possível observar o conceito teórico de resiliência, aplicado à atividade portuária, constando-se igualmente que um dos fatores diferenciadores para o grau de resiliência de um porto é o tempo associado ao processo de recuperação.

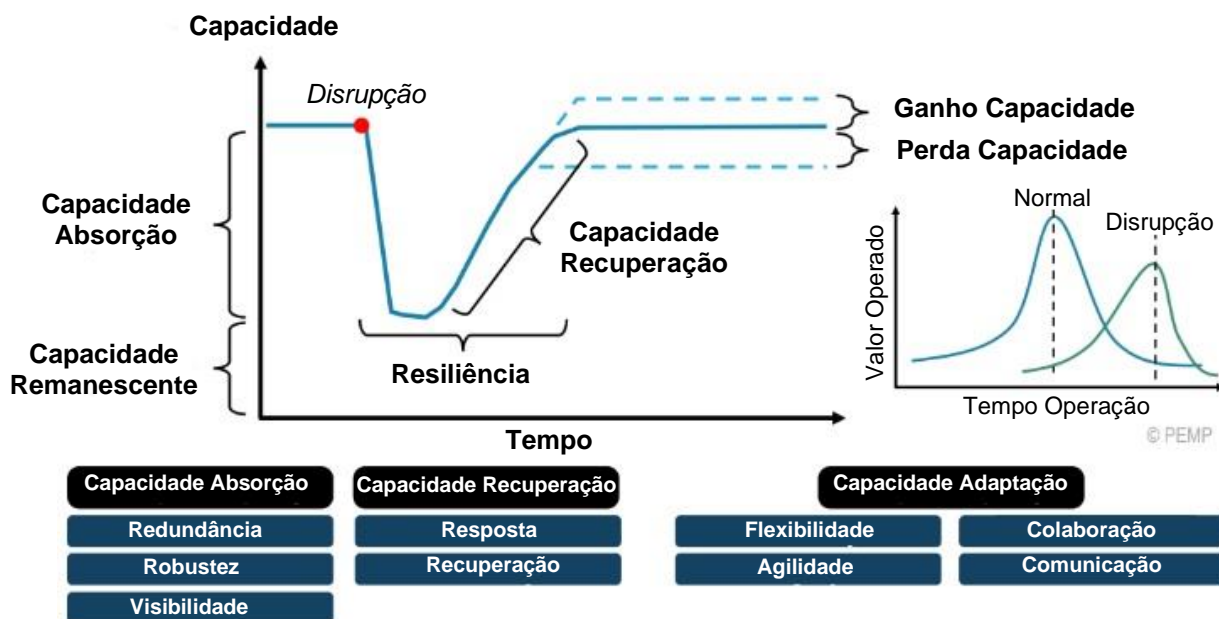


Figura 21 - Resiliência do sistema de transporte marítimo

Fonte: Adaptado de Linkov, I. and J.M. Palma-Oliviera (Igor Linkov, 2017)

Conceber e aplicar uma estratégia para reforçar a preparação e resiliência do porto, face a acontecimentos perturbadores, ou seja, diminuir o período necessário para a recuperação, requer pelo menos cinco etapas orientadas para a ação (preventiva, reativa) (Figura 22):

1. Identificação de perigos, provenientes de um vasto leque de perturbações naturais e antropogénicas, que são específicas de cada porto e aos quais estão associados valores do risco correspondentes.
2. Avaliação do risco associado aos níveis de exposição e às potenciais consequências de determinado perigo ou ameaça.
3. Planos de resposta e mitigação, que envolvam infraestruturas e processos portuários relacionados com a gestão e as operações portuárias. Estas medidas, podem ter como objetivo a prevenção e a preparação (antes do evento), ou ser de resposta e adaptativas (após o evento), ambas com o objetivo de acelerar a recuperação da atividade portuária.
4. Priorizar opções, com recurso à análise custo-benefício das estratégias mais importantes.
5. Implementação e revisão, das medidas para avaliação de eficácia e realização dos ajustamentos necessários.

A implementação do presente modelo, deve estar integrada com uma gestão do risco baseada na EIC 31010:2019 e com o modelo de melhoria continua associado ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (Deming, 2023). (Figura 22).



Figura 22- Resiliência portuária - Processo construtivo por etapas  
 Fonte: Adaptado UNCTAD Guidebook for Ports (UNCTD, 2022)

## 5.2. Identificação dos perigos

Considerando os sistemas portuários como nós críticos nas redes de transporte e reconhecendo a sua importância para a economia, razão evidente da sua classificação com infraestruturas críticas, torna-se evidente, em termos de resiliência portuária, a necessidade de realizar a identificação dos perigos que podem afetar estas instalações e comprometer a sua operacionalidade.

Esta análise, que tem como objetivo ajudar a determinar a vulnerabilidade do porto, considerando as características específicas e o respetivo contexto e delinear a estratégia de incremento da sua resiliência. Para tal é essencial uma profunda análise dos perigos, com especial relevo para as catástrofes que já o afetaram, ou condicionaram a sua operacionalidade, considerando as experiências passadas (recorrência de determinados perigos) e os eventos que tiveram lugar em portos semelhantes ou vizinhos.

O processo de análise, orientado segundo EIC 31010:2029, permite não apenas a identificação de fragilidades, mas igualmente a disponibilização de informação vital para a gestão portuária (Conselho de Administração e a Direção), identificar perigos específicos, com maior probabilidade de ocorrência e, dentro destes, os que representam o maior risco.

Na Tabela 8 - Identificação de possíveis perigos no porto do Funchal, é apresentada uma lista resumida, de potenciais perigos ou fontes de perturbações nos portos, adaptada para o porto do Funchal.

Tabela 8 - Identificação de possíveis perigos no porto do Funchal  
 Fonte dos dados: Adaptado de Guidebook for Ports (UNCTD, 2022)

| <b>Lista de possíveis perigos no porto do Funchal</b> |                                    |                                   |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Perturbações naturais</b>                          | <b>Perturbações antropogénicas</b> |                                   |
| <b>Eventos meteorológicos extremos</b>                | <b>Acidentes</b>                   | <b>Geopolítica</b>                |
| Temporais                                             | Infraestrutura portuária           | Instabilidade política            |
| Depressões                                            | Equipamentos portuários            | Terrorismo                        |
| Cheias                                                | Bloqueio portuário                 | Restrições comerciais             |
| <b>Perturbações Geofísicas</b>                        | Acidentes industriais              | Corrupção                         |
| Tremores de terra                                     | <b>Atividade Laboral</b>           | Furto e comércio ilícito          |
| Deslizamentos de terras                               | Greves                             | <b>Tecnologias da Informação</b>  |
| Tsunamis                                              | Falta de mão-de-obra               | Cibersegurança                    |
| <b>Alterações Climáticas</b>                          | Competências                       | Falhas nas Tecnologias Informação |
| Alteração do nível do mar                             | Segurança                          | <b>Sanitárias</b>                 |
| Perturbações do ciclo da água                         | Saúde                              | Epidemias                         |
|                                                       | <b>Económica e Financeira</b>      | Pandemias                         |
|                                                       | Variações na procura               | Surtos                            |
|                                                       | Inflação                           |                                   |
|                                                       | Escassez de recursos               |                                   |
|                                                       | Disponibilidade de capital         |                                   |

Em suma, deverá existir uma capacitação na gestão dos riscos e na preparação para situações de emergência, baseada na identificação dos perigos específicos que têm maior probabilidade de ocorrer e que, dependendo das consequências, representam o maior risco. Os perigos que podem perturbar os portos podem ser agrupados em duas categorias fundamentais, nomeadamente as perturbações naturais devidas a eventos meteorológicos extremos, perturbações geofísicas e alterações climáticas e as perturbações antropogénicas, associadas à atividade humana, designadamente, acidentes de atividade laboral, perturbação de âmbito económico financeiro, de geopolítica, de cariz sanitário e na vertente das tecnologias da informação.

### 5.3. Avaliação do Risco

O processo de avaliação do risco, no âmbito da resiliência portuária, realiza-se através do conceito genérico de avaliação do risco e inicia-se geralmente pela identificação dos perigos com maior probabilidade de originarem uma situação de emergência. O objetivo passa por identificar os que representam uma ameaça mais significativa e que devem ser prioritários na aplicação de mecanismos e medidas, ou contramedidas de gestão do risco e de emergência (Figura 23).

A mera existência de um perigo, não coloca por si só, um porto em risco, neste sentido é fulcral compreender a área em estudo, nas diferentes componentes que a constituem (naturais e antropogénicas), para a especificidade dos portos.

Cada perigo previamente identificado e que pode afetar um porto, tem associada uma categoria (Operacional, Competitivo, Financeiro, Governação, Reputacional). Embora a lista tipificada na Figura 23 não seja exaustiva, reflete os vários tipos de riscos, frequentemente associados às perturbações portuárias. Entre estes riscos incluem-se (UNCTD, 2022):

1. **Riscos operacionais:** Descrevem em que medida, ou até que ponto o perigo afeta a capacidade de um porto ou terminal operar e oferecer serviços a navios, cargas e outros clientes, com impacto indireto nas cadeias de valor globais, que podem estar fortemente dependentes do bom funcionamento do transporte marítimo e dos portos.
2. **Riscos competitivos (concorrência):** Discriminam em que medida é que o perigo associado produz impacto na competitividade de um porto ou terminal em relação aos seus clientes (por exemplo, companhias de navegação, proprietários de carga) e as partes interessadas do *hinterland*.
3. **Riscos financeiros:** Em que medida é que o perigo associado, produz impacto nas receitas, nos custos de operacionais, taxas de seguros e no rating.
4. **Riscos de governação (gestão):** Em que medida é que o perigo afeta os processos de gestão e planeamento de um porto ou terminal portuário.

5. **Riscos reputacionais:** Em que medida é que o perigo afeta a imagem pública de um porto ou terminal, a sua posição e a perceção dos clientes, causado por um evento adverso ou potencialmente criminoso.

Os riscos previamente identificados são cumulativos (compostos/combinados), o que significa que um único evento poderá não perturbar apenas as operações, mas também (UNCTD, 2022):

- a) Criar riscos para a reputação;
- b) Gerar uma perda de negócios e de receitas em benefício de outros portos ou métodos de transporte;
- c) Desencadear atrasos e congestionamentos na cadeia logística;
- d) Potenciar a escassez de mão de obra;
- e) Causar a falta de áreas de armazenamento.

Os efeitos combinados de um ou mais riscos, podem influenciar a probabilidade e a gravidade de qualquer um dos riscos individuais discriminados (ex: um ciberataque pode afetar os sistemas informáticos relacionados com a gestão operacional, logística e de processamento salarial, agravando o impacto nas operações e na reputação do porto).

Do anteriormente exposto, pode-se concluir que as consequências de determinado evento, podem ser maiores do que a soma de cada risco individual apresentado (Figura 23), em virtude da interdependência entre os diversos intervenientes do sistema de transporte marítimo, onde os portos e infraestruturas portuárias, desempenham funções de hub central (UNCTD, 2022).



Figura 23 – Resiliência portuária – Avaliação do Risco

Fonte: Adaptado UNCTAD - Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience (UNCTD, 2022)

Assim, os efeitos combinados dos riscos funcionam como mecanismos de propagação e retropropagação nas seguintes áreas (UNCTD, 2022):

**Rede Shipping:** Os riscos envolvidos numa rede de transporte marítimo, podem levar a alterações, ou a uma redução da capacidade dos serviços de transporte, da fiabilidade do transporte, ou fiabilidade dos horários (compromisso com o cliente). As configurações das escalas do transporte marítimo podem também ser modificadas, eliminando determinados portos e reduzindo a frequência das escalas. O excesso de capacidade pode igualmente constituir um risco, uma vez que pode resultar na supressão de serviços de transporte marítimo e de portos de escala, afetando assim a frequência das aquisições nas cadeias de abastecimento centradas nos portos (UNCTD, 2022).

**Nível portuário (Instalação Portuária - IP):** Qualquer alteração dos riscos (redução ou ausência de riscos), pode afetar o desempenho, a fiabilidade e os custos dos serviços portuários. Tal como no caso das companhias de navegação, o excesso de capacidade também pode ser um risco para os portos, uma vez que está associado a uma menor rentabilidade dos investimentos e excesso de mão de obra, o que pode levar a despedimentos e a prejudicar as receitas (UNCTD, 2022).

**Hinterland:** Os riscos que envolvem alterações de capacidade, podem de igual forma, afetar o desempenho e a fiabilidade dos serviços de suporte à atividade portuária (rodoviários, ferroviários e marítimos). Os riscos de excesso de capacidade são menos comuns nestes serviços, mas a construção de infraestruturas ou serviços desnecessários é um risco, uma vez que pode não proporcionar o adequado retorno do investimento (UNCTD, 2022).

Uma vez que as vulnerabilidades associadas a cada perigo identificado, são posteriormente quantificadas como um risco, devem ser classificadas por níveis de prioridade (priorização do risco). De salientar ainda que a falta de previsibilidade, limita o valor das avaliações do risco para eventos com uma probabilidade baixa, mas que podem ter consequências graves.

Adicionalmente, importa referir que qualquer estratégia de resiliência deve incluir considerações sobre riscos desconhecidos (*Black Swan events*).

Os riscos podem ser quantificados utilizando o método  $\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Severidade}$  (Figura 24) (ANEPC, 2009).



Figura 24 –Matriz de quantificação do risco

Fonte: Adaptado UNCTAD - Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience (UNCTD, 2022)

**Riscos de alta prioridade:** Integra perigos, cuja severidade e probabilidade potenciam ocorrências de alto risco e que podem ter consequências críticas para as operações portuárias, incluindo a paragem das operações, (probabilidade de ocorrência recorrente).

**Riscos de média prioridade:** Abrange os perigos que foram identificados com média probabilidade de ocorrência, mas que podem ter consequências significativas para as operações portuárias. Os riscos associados a este padrão, apresentam razoável probabilidade de ocorrência, mas de difícil previsão.

**Risco de baixa prioridade:** Os perigos identificados como tendo um risco baixo e imprevisível probabilidade de ocorrência, podem ter consequências e perturbações marginais nas operações.

**Risco desconhecido (eventos Black Swan):** Um perigo que é identificado, como um risco que se desvia para além do que é normalmente esperado e que é extremamente difícil de prever. Estes eventos são extremamente raros, mas com impactos substanciais. A preparação para este tipo de riscos é difícil implementação, uma vez que a sua probabilidade de ocorrência não pode ser avaliada de forma eficaz, e mesmo o próprio risco pode permanecer desconhecido. A solução mais ajustada a produzir benefícios significativos é adoção sólida de conceitos de gestão do risco.

A análise de vulnerabilidades em contexto de proteção portuária (*security*), apresenta por sua vez, uma perspectiva baseada nas ameaças, impactos e vulnerabilidades para determinados cenários tipificados. Embora as metodologias de gestão do risco vertidas na EIC 31010:2029 (IEC 31010, 2019), sejam igualmente aplicáveis para os processos de gestão, a matriz avaliação do risco e ameaça, deve ser realizada de acordo com a ISO 20858:2007 (ISO 20858, 2007).

A identificação das ameaças e respetivos motivos, tem por objetivo prevenir causas prováveis e identificar as probabilidades da sua ocorrência. Para identificar os motivos de ameaça são consideradas as motivações que historicamente estiveram associadas a incidentes de proteção verificados em portos nacionais e/ou estrangeiros.

A probabilidade da ocorrência pode ser igualmente avaliada em três níveis, ainda que readaptados (não provável, provável e muito provável).

O resultado da Ameaça e do Risco associado, é expresso através de uma Matriz de Avaliação do Risco e Ameaça (*Threat and Risk Analysis Matrix – TRAM*), que sistematiza as contramedidas a adotar em função do nível de risco (Figura 25).

Nesta abordagem, de cálculo do risco, adota-se a seguinte expressão dos fundamentos da gestão do risco, adaptada para o âmbito da proteção portuária (conforme o *Code of Practice ILO/IMO*) (ISO 20858, 2007).

$$R = V \times I \times A$$

Em que os fatores representam respetivamente:

- **V**, o Grau de Vulnerabilidade

- **I**, o Grau de Impacto

que variam, conforme anteriormente definido, entre 1 (Baixo); 2 (Médio); 3 (Elevado); e,

- **A**, o Nível da Ameaça: para o qual é regularmente adotada a mesma escala, com os valores a variarem entre 1 (Baixa); 2 (Média); 3 (Alta).

Na Matriz do Risco apresentada na Figura 25, apresentam-se os valores do Risco para as combinações possíveis dos graus da Vulnerabilidade e do Impacto, para o nível 1 de Ameaça.

| Impacto \ Vulnerabilidade |   | Baixo | Médio | Elevado |
|---------------------------|---|-------|-------|---------|
|                           |   | 1     | 2     | 3       |
| Elevado                   | 3 | 3     | 6     | 9       |
| Médio                     | 2 | 2     | 4     | 6       |
| Baixo                     | 1 | 1     | 2     | 3       |

Figura 25 –Matriz de avaliação do risco e ameaça

Fonte: Adaptado ISO 20858:2007 – Ships and marine technology (ISO 20858, 2007)

## 5.5. Planos de Resposta e Mitigação

Em termos conceptuais, as medidas de resposta e de mitigação que promovam o reforço das capacidades de limitar impactes negativos (preparação), de reação e de adaptação (estabilidade), devem ser elaboradas após identificação e priorização dos riscos e replicáveis em todas as infraestruturas, processos e serviços portuários (Figura 26).

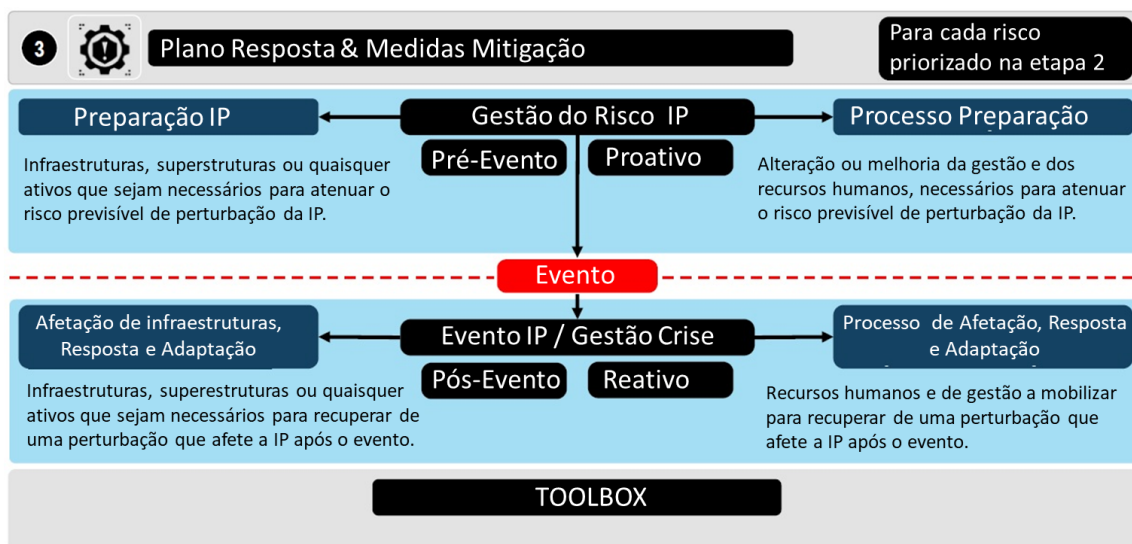


Figura 26 – Plano de Resposta e Mitigação

Fonte: Adaptado de Kim, Y., and L. Ross (Yoon Kim, 2019)

Neste contexto podem ser consideradas duas estratégias fundamentais e complementares de reforço da resiliência/atenuação dos riscos e redução dos impactos. A primeira baseia-se numa abordagem proactiva (que envolve o incremento da capacitação (preparação e prontidão) para responder a eventuais perturbações. Nesta estratégia, assume especial preponderância a utilização de um modelo de gestão do risco robusto e baseado na EIC 31010:2029 (Figura 20). A segunda estratégia é reativa, integra o pós-evento e promove a atenuação dos impactes, a adaptação e recuperação. Para o adequado desenvolvimento e eficiência desta estratégia, é necessário assegurar um vasto conjunto de competências dos recursos humanos, na gestão de emergência.

**Estratégia proactiva ou pré-evento (preparação e gestão do risco portuário):** Centra-se em metodologias de gestão dos riscos, baseadas na EIC 31010:2029, que procuram identificar, avaliar e atenuar os riscos, com o objetivo de realizar a atenuação antes da ocorrência de um evento. Esta estratégia inclui a identificação, análise e avaliação dos riscos (Figura 20), bem como a respetiva avaliação de vulnerabilidades. Integra igualmente a adequação e preparação das capacidades físicas do porto, incluindo a infraestrutura, a superestrutura ou quaisquer outros ativos físicos que possam ser necessários para mitigar um risco previsto. Ao nível dos processos e pessoas, a estratégia deve centrar-se nas

capacidades de gestão portuária, incluindo os serviços, a gestão e recursos humanos, necessários para mitigar um risco previsto, integrando as medidas de colaboração com as partes interessadas (processos de preparação), tais como prestadores de serviços e gestores de infraestruturas (Figura 27) (UNCTD, 2022).



Figura 27 – Plano de capacitação na resposta a incidentes marítimos  
Capacitação em Mass Rescue Operations (Foto do autor)

**Reativa ou pós-evento (gestão de crises portuárias, mitigação da perturbação e recuperação):** Refere-se a um acontecimento/perturbação, bem como as estratégias de mitigação, delineadas para a responder a um evento, imediatamente após a sua ocorrência, e que tem como objetivo a redução dos impactos negativos. Integra a adaptação das infraestruturas ou os ativos físicos necessários, para solucionar a perturbação, restabelecer as condições prévias, recuperar ou colocá-las a um nível semelhante, assegurando ao mesmo tempo a continuação do crescimento, através de ajustamentos operacionais, comunicações, cooperação externa e reforços financeiros (UNCTD, 2022).

A gestão dos riscos portuários e a gestão dos eventos/perturbações ou gestão de crises, podem ser efetuadas em conjunto ou de forma independente, consoante o risco. A adoção de uma abordagem proactiva através do incremento da capacitação antes do evento, poderá ser considerada, em alguns casos onerosa, uma vez que alguns riscos apresentam muito baixa probabilidade de ocorrer em algumas instalações portuárias. Nestas circunstâncias, pode ser pertinente adotar a estratégia de abordagem reativa (Figura 28), ou resposta pós-evento, para determinados riscos específicos, mantendo simultaneamente as infraestruturas e capacidades de gestão adequada.



Figura 28 – Plano de Emergência Interno do porto do Funchal  
Capacitação de resposta na interface mar-terra (Foto do autor)

No que respeita aos riscos associados à área da proteção portuária (*security*), a abordagem terá de ser maioritariamente baseada na estratégia proativa, decorrente dos impactes que advém das ocorrências, tanto no âmbito da aplicação de contramedidas, como na capacitação dos recursos humanos para o desempenho de funções.

Em termos gerais, as abordagens que visam o incremento da capacidade de gestão dos riscos e construção da resiliência portuária (proactiva e reativa), devem integrar os seguintes pontos (Figura 29):

1. Gestão do risco que integre a identificação e avaliação de potenciais impactos (por exemplo, gestão do risco empresarial, registos de risco, métricas de risco).
2. Metodologias de gestão de crises (protocolos).
3. Capacitação das infraestruturas e da superestrutura.
4. Melhoramento de processos e da eficiência operacional.
5. Identificação de infraestruturas alternativas (descentralização de operações).
6. Planeamento de reencaminhamento, através de fluxos alternativos de tráfego e multisourcing (tendo em conta os riscos para os fornecedores terceiros).
7. Preparação (pré-evento centrado na preparação de infraestruturas e equipamentos, bem como processos como os planos de continuidade da atividade).
8. Inventários e relatórios relativos a potenciais ameaças e movimentos de matérias perigosas.
9. Melhoria dos processos ao nível da Cibersegurança.
10. Formação, consciencialização e desenvolvimento das competências necessárias ao nível dos recursos humanos.

O conjunto de medidas tipificadas na Figura 29, não dispensa a articulação com a doutrina da EIC 31010:2029 e ISO 20858:2007

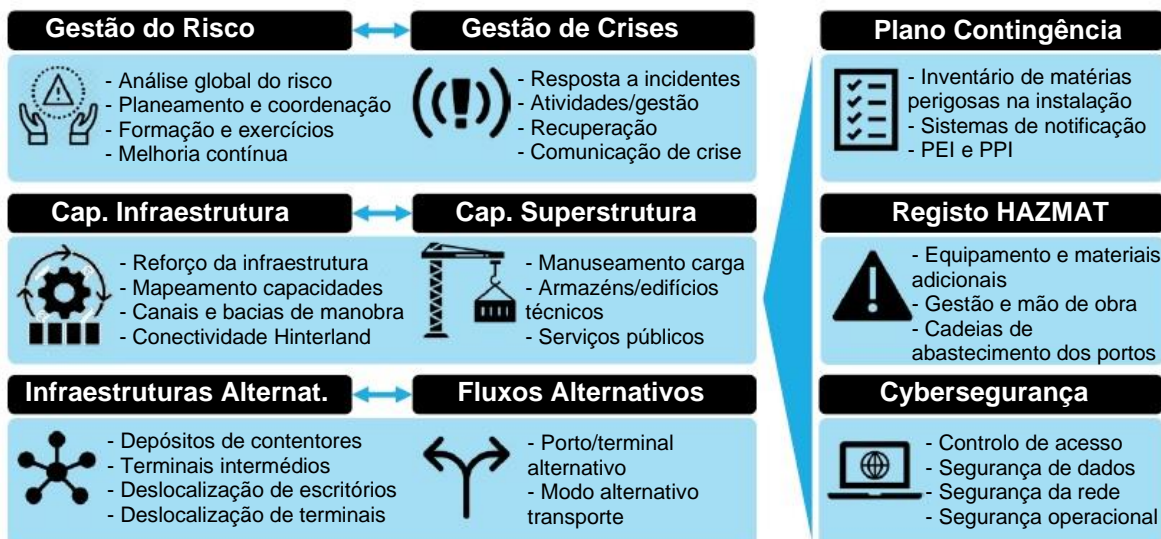


Figura 29 – Principais medidas de resposta e mitigação a perturbações portuárias

Fonte: Adaptado UNCTAD - Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience (UNCTD, 2022)

## 5.6. Priorizar as Opções

Uma vez elaboradas e estruturadas as medidas de mitigação e resposta, descritas na etapa 3 do processo de criação de resiliência portuária, deve ser definida uma ordem de prioridades e avaliados, afetados e mobilizados os recursos necessários para a sua implementação (Figura 30).

No processo de atribuição de prioridades às várias opções de resposta e medidas de mitigação, importa distinguir entre as medidas consideradas críticas e que podem ter consequências negativas na operação portuária, caso não sejam implementadas, e as restantes medidas, que embora relevantes, não são consideradas essenciais, e que não acarretam prejuízo para o porto e para a sua capacidade de recuperar de uma perturbação ou incidente (Yoon Kim, 2019).

Os investimentos tidos como necessários realizar nas infraestruturas e superestruturas portuárias, determinados em função da ordenação e priorização dos riscos, devem ser alvo de análise custo-eficácia, análise das partes interessadas e análise multicritério, com base em experiências passadas, ou estratégias atualmente implementadas por portos com características semelhantes, conjugadas com outros fatores, como a acessibilidade económica e a viabilidade técnica, de forma a ser possível ponderar os potenciais benefícios de uma opção de resposta ou medida de atenuação em relação aos seus custos previstos.

Na Figura 30 é apresentado um exemplo de ferramentas e métodos de priorização das medidas de mitigação e resposta, que devem ser conjugadas com a doutrina da EIC 31010:2029.

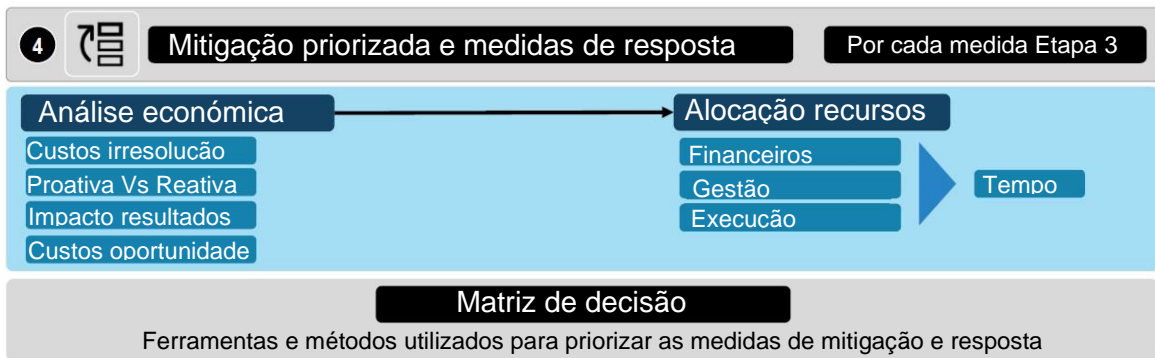


Figura 30 – Principais medidas de resposta e mitigação a perturbações portuárias

Fonte: Adaptado de Kim, Y., and L. Ross (Yoon Kim, 2019)

A priorização da implementação de medidas, deve assegurar a análise dos seguintes fundamentos (Yoon Kim, 2019):

**Custo da irresolução (inércia de decisão):** A posição relativamente ao risco e às medidas de atenuação e resposta associadas, pode passar pela não implementação de quaisquer ações tangíveis, especialmente nos casos em que o risco não esteja claramente identificado, apresente baixa probabilidade de ocorrência e implique uma elevada alocação de recursos. Nos processos de resiliência portuária, a opção pela inação, pode em alguns casos parecer uma solução atrativa, em especial nos casos em que os custos associados a um evento perturbador são, em parte, assumidos por terceiros (operador de terminal, seguradora, entidades governamentais (Yoon Kim, 2019).

**Estratégia proactiva versus reativa:** Cada risco identificado, pode ser mitigado e os seus impactos atenuados de uma forma proactiva, ou reactivamente. Conforme descrito anteriormente, as medidas proactivas, que promovem a preparação e a prevenção, são tendencialmente mais dispendiosas, do que as medidas reativas, centradas na atenuação dos impactos e preocupações imediatas. Face às lacunas de exatidão na previsão eventos de perigo, as medidas reativas, acabam por ser regularmente consideradas mais sensatas, do ponto de vista do custo/benefício (Yoon Kim, 2019). Para alterar este paradigma ao nível da proatividade de medidas estruturais, será necessária uma permanente análise aos impactos cumulativos e compostos previamente referenciados (Figura 23).

**Medidas de fácil implementação (*Low hanging fruit*):** Trata-se normalmente de processos associados a iniciativas de atenuação e resposta, que são decididas numa perspetiva de custo/benefício, em detrimento de medidas mais complexas e dispendiosas (Yoon Kim, 2019). A título de exemplo, a cibersegurança tem surgido nos últimos anos, como um dos riscos de maior importância para os portos. Este risco, pode ser mitigado proactivamente e o seu impacto atenuado com a implementação de medidas tecnológicas

antes do evento e formação do pessoal para evitar ameaças comuns, ou paradoxalmente, optar-se por uma abordagem reativa da cibersegurança após o evento, que poderá ser muito mais dispendiosa.

**Custo de oportunidade:** O tempo e os recursos necessários empenhar nos processos de atenuação dos riscos (identificação, avaliação do impacto potencial e gestão), preparação (medidas pré-evento) e resposta (ação e medidas pós-evento), concorrem normalmente com outras prioridades e considerações. Por exemplo, os recursos afetos ao aumento da resiliência dos portos contra potenciais riscos, poderiam ter sido utilizados na expansão das infraestruturas, na compra de equipamento, ou no processo de melhoria do marketing do porto.

Cada resposta e medida de atenuação, exige a afetação de recursos, muitas vezes escassos, ou condicionados por outras exigências concorrentes no orçamento:

**Recursos financeiros** para implementação das medidas de resposta e de atenuação, que foram priorizadas e elaboradas (Yoon Kim, 2019) (Figura 30). Coloca-se o seguinte conjunto de questões: Qual será a fonte de financiamento? Podem as receitas do porto e os seus recursos financeiros suportar estas despesas? Será necessário contrair dívida? Existem subsídios disponíveis de agências nacionais ou internacionais?

**Recursos de gestão** para fornecer orientação e supervisão global, aquando da elaboração, implementação, monitorização, elaboração de relatórios e revisão da eficácia das medidas de resposta e de atenuação que tenham sido adotadas (Figura 30).

**Recursos humanos**, incluindo mão de obra qualificada. Serão necessários para elaborar, aplicar, monitorizar, comunicar e analisar a eficácia das medidas de resposta e as medidas de atenuação que possam ter sido adotadas. No caso de portos de menor dimensão, o conhecimento acumulado (saber fazer), os conhecimentos técnicos, a perícia e a tecnologia, são particularmente importantes, uma vez que, na maioria dos casos, os recursos humanos dispõem de menor experiência acumulada (Yoon Kim, 2019).

## 5.7. Implementação e Revisão

A fase de implementação e revisão desenvolve-se após a etapa 4 (Figura 30) e deve centrar-se, tanto na priorização das medidas de resposta e mitigação, como na afetação dos recursos necessários à sua execução.

A implementação de medidas de mitigação e resposta, pode enfrentar uma grande variedade de oportunidades e obstáculos (Figura 31), conforme seguidamente descrito.

**Financeiras:** A diversidade de desafios colocados a um porto, podem condicionar ou impulsionar, a capacidade de financiamento de uma estratégia de resiliência. Em primeiro lugar, porque podem existir janelas de oportunidade financeiras, tais como programas, subsídios e reduções fiscais que apoiem as iniciativas de resiliência. Os fundos, podem por outro lado estar parcialmente disponíveis, ou as partes interessadas atrasarem, modificarem ou mesmo rescindirem o respetivo compromisso (contrato-programa). Adicionalmente, as medidas de resposta e de atenuação podem revelar-se mais dispendiosas do que o previsto, devido a dificuldades de avaliação de custos, prejudicando assim a sua aplicação (Yoon Kim, 2019).

**Tecnológicas:** Incluem os desafios relacionados com implementação de ações de modernização, renovação ou reparação nas infraestruturas e superestruturas.

As novas tecnologias, oferecem geralmente oportunidades de investimento em sistemas mais resilientes, com recurso a tecnologias melhoradas, frequentemente com menores custos associados (de aquisição e de funcionamento) e que permitem o investimento de portos com menor capacidade financeira. Por outro lado, as medidas de resposta e de mitigação, podem ser tecnicamente mais complexas do que o inicialmente previsto e a disponibilidade e capacidade de uma solução técnica poderá ser sobreavaliada (Yoon Kim, 2019).

**Área de jurisdição:** A extensão da respetiva área de jurisdição pode, no caso de alguns portos, prejudicar a sua capacidade de implementar as medidas de mitigação e resposta. Um porto com acesso a espaços adicionais (terrenos e zonas marítimas de baixa batimetria), incluindo processo de recuperação (aquisição), tem a oportunidade de redesenhar algumas das suas infraestruturas e conseqüentemente a eficiência das operações. Esta abordagem é igualmente importante na fase de planeamento de construção de um novo terminal, em que as medidas de resposta e de atenuação podem impor exigências adicionais sobre a área física disponível para as operações portuárias e, desta forma, prejudicar as atividades portuárias (Yoon Kim, 2019). Em alguns casos, o porto pode não dispor de área de jurisdição para implementar medidas de resposta e mitigação.



Figura 31 – Principais medidas de Implementação, Monitorização e Revisão  
 Fonte: Adaptado de Kim Yoon., and L. Ross (Yoon Kim, 2019)

**Administrativas:** Numa perspetiva comportamental, existe um enorme desafio para a capacidade de gestão do porto, reconhecer as necessidades e a subsequente conceção, implementação, monitorização e revisão de estratégias de resiliência. As alterações políticas, constituem uma oportunidade de adaptação para a governação e gestão portuária. Uma mudança na governação, como uma nova liderança, pode criar incentivos para explorar novas abordagens, sendo necessário definir novos papéis e funções, bem como recrutar ou formar pessoal adequado (UNCTD, 2022).

**Regulamentação:** Desafios às condições e à legalidade das iniciativas de resiliência, levam à necessidade de obter a aprovação das entidades com competências e jurisdição, em razão de matéria e espaço, quando a autoridade portuária ou o operador do terminal não têm jurisdição ou competências próprias para aprovação das medidas de resposta e de mitigação. A obtenção destas aprovações, torna-se por vezes demorada e exige esforço adicional de recursos administrativos e jurídicos. As avaliações de impacto ambiental e revisões de impacto ambiental, estão entre os processos regulamentares mais comuns que os portos enfrentam (UNCTD, 2022).

**Comerciais:** A implementação das medidas de mitigação e resposta, podem levar à necessidade de impor custos adicionais, ou criar alterações nas operações portuárias que não satisfaçam, ou não correspondam inteiramente às expectativas dos clientes e desta forma afetem a sua capacidade de atrair ou reter clientes. Neste campo, é necessário assegurar uma análise global, que integre a avaliação dos seus impactos, na competitividade e no grau de satisfação das necessidades dos seus utilizadores e clientes. Por outro lado, as estratégias de resiliência portuária podem também conduzir a novas oportunidades comerciais e atrair um novo leque de clientes (UNCTD, 2022).

Algumas medidas de resposta e de mitigação, podem enfrentar complexos obstáculos (barreiras), cuja evidência é intensificada nas últimas fases de implementação, comprometendo o desenvolvimento da estratégia de resiliência portuária (Yoon Kim, 2019) (Figura 32).

**Inércia dos modelos de negócio:** Os portos, decorrente da sua natureza eminentemente empresarial, dão prioridade ao controlo de custos e concentram-se na alavancagem de receitas. Os ciclos de planeamento dos portos apresentam normalmente um horizonte de 5 a 10 anos e a vida útil das infraestruturas, ronda os 30 a 50 anos. As conceções a longo prazo, tornam o investimento de capital um risco essencial para o desenvolvimento portuário e levam a que as estratégias de resiliência portuária sejam passadas para segundo plano (Yoon Kim, 2019).

**Digitalização dos modelos de negócio:** A automatização e a digitalização apresentam oportunidades para melhorar a resiliência e a gestão dos riscos portuários (Yoon Kim, 2019).

**Modelos de negócio pouco difundidos:** Os portos, na sua maioria necessitam de uma melhor compreensão de como a resiliência pode melhorar o desempenho operacional, a rentabilidade e a própria competitividade. As autoridades portuárias, apresentam relutância em integrar requisitos de resiliência nos concursos de concessões e de exploração operacional, uma vez que podem levar à perda de atratividade dos operadores de terminais internacionais (Yoon Kim, 2019).

**Falta de dados e diretrizes sobre riscos:** Existem alguns riscos que são difíceis de quantificar e avaliar de forma adequada para a tomada de decisões. A falta de informações e de dados sobre determinados riscos, como as alterações climáticas, torna difícil a sua inclusão no planeamento de mitigação e nas operações portuárias. Para além do exposto, os dados sobre os riscos a longo prazo são ainda diminutos e não estão disponíveis de forma a permitir as adequadas decisões de planeamento e investimento (Yoon Kim, 2019).

**Falta de definições e métricas:** De igual forma, nos projetos de investimento portuário, existe ainda a falta de definições e metas temporais para o cumprimento de determinados objetivos de resiliência, por parte das entidades governamentais, financiadores e investidores. O conceito de investimento resiliente, continua a ser indefinido e compromete potencialmente, a obtenção de melhores apoios financeiros e de capital para projetos resilientes (Yoon Kim, 2019).

**Falta de normas de conceção e engenharia:** Os conceitos e objetivos em matéria de resiliência, devem igualmente ser traduzidos em normas práticas de conceção e engenharia para as infraestruturas e superestruturas portuárias (Yoon Kim, 2019).

**Incentivos limitados para intervenientes pró-ativos:** Os operadores de portos e terminais podem não identificar os benefícios de minimizarem proactivamente os seus riscos, uma vez que os custos são visíveis e os benefícios podem ser intangíveis. Para além do referido, o sector dos seguros ainda não avalia a resiliência de forma eficaz; através de bónus nas cotações dos seguros, que poderiam tornar-se também, num mecanismo de incentivo (Yoon Kim, 2019).



Figura 32 – Principais obstáculos à resiliência para cada etapa da cadeia de valor

Fonte: Adaptado de Kim, Y., and L. Ross (Yoon Kim, 2019)

O planeamento temporal, é uma componente essencial na gestão do projeto de implantação e aplicação de medidas de resposta e de mitigação, ainda que seja pouco provável que os portos incorporem medidas de resiliência, até que exista uma melhor compreensão de como estas medidas podem melhorar o desempenho operacional e aumentar os resultados finais. A calendarização do projeto, permite aferir que tipo de estratégia de reforço da resiliência será implementada (pró-ativa ou reativa). Podem ser distinguidos quatro tipos de prazos de implementação ou implantação (Figura 31) (Yoon Kim, 2019).

**Aplicação a curto prazo/mediata:** As medidas que tendencialmente são implementadas com maior celeridade, estão normalmente relacionadas com a gestão de processos, alterações de funções de gestão, implementação de software, agendamento de seminários e formação, ou a preparação de planos de atividades.

**Dentro de um ano:** A aquisição de equipamento e realização de pequenas melhorias nas infraestruturas (atualizações informáticas, sobressalentes para manutenção e reparação).

**No prazo de três anos:** Planeamento de melhorias significativas nas infraestruturas (renovação terrapleno e a aquisição de gruas).

**Mais de três anos:** Grandes projetos de infraestruturas portuárias, incluindo a expansão do cais e da área da gare (construção de estradas, ramais ferroviários e dragagem de bacias de manobra).

Os atrasos na implementação de planos de resiliência, são um problema comum e que normalmente resultam de obstáculos, alguns dos quais subestimados ou imprevistos.

Após ocorrência de eventos perturbadores, pode ocorrer a revisão das estratégias de mitigação, apresentando-se desta forma uma oportunidade para avaliar a eficácia de uma resposta, ou de uma estratégia de atenuação e, se necessária, uma revisão subsequente. A literatura promocional de um porto, pode igualmente integrar registos históricos de sucesso e permitir a partilha de conhecimento e aprendizagem para a implementação global das melhores práticas. Os insucessos, ou estratégias ineficazes, não devem ser descartados, mas sim servir como lições valiosas (UNCTD, 2022).

As estratégias de incremento de resiliência, implicam sempre uma relação de compromisso entre o risco potencial de perturbação, o custo das medidas de atenuação do risco e a resposta/atenuação do seu impacto em caso de ocorrência. Uma outra questão fundamental, é o facto de cada estratégia de reforço da resiliência, implicar um custo adicional, que terá de ser suportado pelas partes envolvidas. Uma estrutura com custos mais elevados, acaba por fazer refletir esse investimento no preço final cobrado aos clientes, exceto nos casos em que as melhorias de resiliência estejam também associadas a melhorias da eficiência da operação (UNCTD, 2022).



## 6. O estudo de caso do porto do Funchal

As características específicas das ilhas de menor dimensão, conferem particularidades especiais na relação entre o porto e a cidade portuária. Estas especificidades, não podem estar dissociadas das particularidades históricas, geográficas, sociológicas e urbanísticas, às quais se deve associar as características específicas dos territórios arquipelágicos.

Historicamente, os portos desempenharam uma função essencial para o desenvolvimento das ilhas e das populações insulares, pelo que, o estudo de caso do porto do Funchal, não poderia negligenciar esta premissa essencial no estudo de resiliência, tal como, não poderá ser esquecido o impacto do desenvolvimento económico local, na evolução e resiliência portuária.

O porto do Funchal, conheceu ao longo da sua história, etapas distintas no âmbito do desenvolvimento das infraestruturas portuárias e dos seus tráfegos, alternando entre períodos de grande prosperidade e períodos de crises mais ou menos profundas, motivados essencialmente por fatores de ordem histórica, económica e política. A análise do desenvolvimento da infraestrutura portuária, não poderá ser dissociada das dinâmicas demográficas que influenciaram diretamente o seu desenvolvimento, e neste, caso importa referir que em 1890, a Madeira apresentava um registo de aproximadamente 134.000 residentes. Desde essa época, o arquipélago viu a sua população aumentar de forma gradual, atingindo em 1950, o seu valor máximo com 270.000 habitantes (Isabel T. O., 2013) e estimada em 253.259 habitantes a 31 de dezembro de 2022.

As características orográficas e climáticas da ilha da Madeira, descritas ao longo da presente dissertação, explicam a razão do centro polarizador, exportador e importador, com os embarques e desembarques de produtos a serem realizados inicialmente na praia, ter-se iniciado na cidade do Funchal, designadamente na baía formada pela encosta natural da ilha entre a Ponta da Cruz e a Barreirinha, localização privilegiada pela proteção que daí advém (Garcia, 2016).

Assim e ainda que fortemente limitado ao nível das infraestruturas, o porto do Funchal, em função da sua localização e a situação geográfica, passou a assumir especial relevância, primeiro nas exportações de produtos para Inglaterra, inicialmente o açúcar, que teve a sua fase de apogeu no século XVI, e mais tarde a vinha, que recebeu um grande impulso na produção nos séculos XVII e XVIII, aquando do estabelecimento dos ingleses na ilha (Simões, 2002) e posteriormente como porto de escala nas rotas do Atlântico, assumindo um papel preponderante no desenvolvimento económico e social da cidade e da região (Figueira, 2004).

A sua construção foi realizada de forma faseada, iniciando-se com a ligação de terra ao ilhéu de São José, seguindo-se a ligação ao ilhéu da Pontinha e finalmente o prolongamento do cais sul que acabaria por ficar concluído em 1962 (Simões, 2002).

Da análise de evolução histórica, consegue-se compreender a dinâmica de evolução na relação entre a cidade e o porto e o conjunto de constrangimentos e oportunidades em termos de implantação, no que concerne à análise da resiliência portuária. As limitações em termos de área útil de jurisdição terrestre, que poderiam potenciar a respetiva expansão, acabam por ser enormes vantagens comerciais e de imagem, de um porto fortemente marcado pela sua integração com a cidade.

Embora estes constrangimentos impliquem algumas dificuldades na estratégia proativa de resiliência portuária, a conjugação do incremento do cais acostável, construído no âmbito das obras de remodelação da frente de mar do Funchal, na sequência do temporal de 20 de fevereiro de 2010, com a perspetiva de extensão do cais sul do porto do Funchal, podem alterar algumas destas dificuldades (Figura 33).

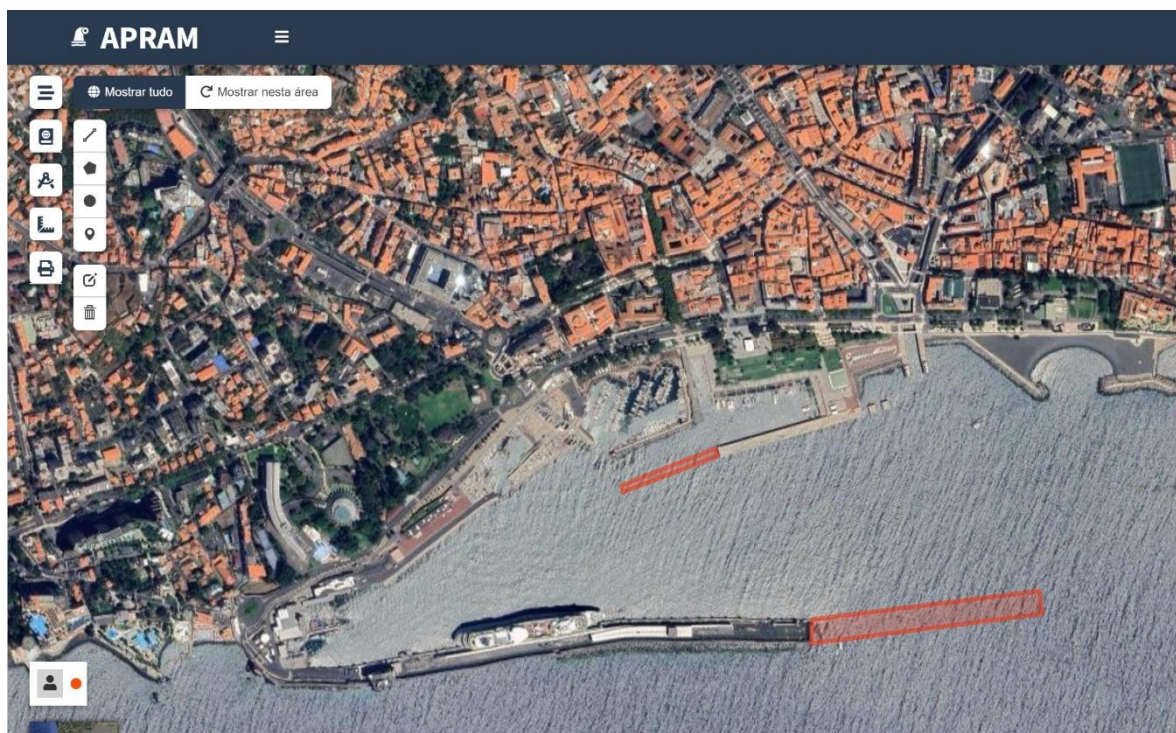


Figura 33 – Desenho ilustrativo teórico do projeto  
Fonte: Adaptado (Marlo, 2018)

Segundo o estudo realizado para aferir a análise do custo-benefício socioeconómico e financeiro da expansão do porto do Funchal (Marlo, 2018), e de acordo com os dados partilhados na comunicação social, a expansão do molhe da Pontinha, apresentava inviabilidade económico-financeira, mas elevada viabilidade socioeconómica pelos impactes positivos para a economia regional e nacional. Na análise de multicritério e sensibilidade foram estabelecidos os seguintes critérios (Marlo, 2018):

- a) Impacto e risco para a APRAM, S.A.;
- b) Impacto e risco para o movimento do porto;
- c) Impacto e risco para a economia regional;
- d) Impacto e risco para a economia nacional;
- e) Potencialidade de aproveitamento da zona norte do porto;
- f) Melhoria da operacionalidade do porto;
- g) Melhoria da capacidade do porto;
- h) Criação de emprego;
- i) Riscos de inutilidade e desocupação do investimento;
- j) Riscos de resultados económicos negativos, ou seja, os benefícios não cobrirem os investimentos ou de os prejuízos serem muito elevados, sem investimento.

Não obstante e conforme expresso ao longo da presente dissertação, a análise de incremento da resiliência, deve incorporar e quantificar as diferentes variáveis que influenciam as respetivas medidas. Neste contexto, tanto os objetivos da expansão do molhe sul do porto do Funchal, como os critérios da análise de multicritério e sensibilidade, necessitam de ser reajustados em algumas das suas medidas e a avaliação de custo-benefício integrar a sua atualização.

Assim, o objetivo descrito de “evitar o gradual declinar do posicionamento competitivo do porto do Funchal no mercado de cruzeiros, por dificuldades de capacidade e condições de operacionalidade para grandes navios, que são cada vez mais a escolha para a frota internacional, teria de integrar igualmente o comprometimento de segurança, com incremento de stress na infraestrutura, decorrente do incremento do LOA (*Length Overall*) e do GT (*Gross Tonnage*) dos navios, bem como os condicionamentos espectáveis para a exploração portuária (operação na linha regular). De igual forma, no presente momento, os estudos de viabilidade devem integrar a implementação de sistemas de produção de energia através da ondulação (basta para isso analisar os dados anteriormente descritos), bem como o potencial de agregação de fontes de rentabilização, como áreas comerciais ou hoteleiras.



Figura 34 – Desenho ilustrativo teórico do projeto DIKWE *Wave - powered breakwater project*

Fonte: DIKWE project breakwater illustration (Offshore Energy, 2023)

Ainda que a extensão da pontinha seja um projeto para continuar a ser fortemente debatido, incluindo a eventual concessão, a avaliação de prioridades, evidencia a necessidade de no curto prazo, ser ponderado o estudo da realização de uma ampliação de menor dimensão, não para colmatar as situações de overbooking, ou posicionamento competitivo, mas para reforçar as condições de segurança e operacionalidade do porto, decorrente do padrão médio das características dos novos navios em construção.

Assim, a estratégia de resiliência no âmbito da infraestrutura terá de conjugar o estudo de medidas preventivas (estudo de ampliação), com a implantação de medidas reativas (planos de emergência) e encontrar o adequado sincronismo, com o impacto no fluxo rodoviário, evitando o congestionamento nas estradas, na restauração, nos serviços turísticos e lojas, para movimentos diários superiores a doze mil passageiros.

O reforço da resiliência do porto do Funchal, deve estar associado aos valores fundamentais e à missão do porto. A combinação de ferramentas de gestão de riscos e de reforço da resiliência permitirá obter uma compreensão integrada da exposição organizacional, preparação, absorção e capacidade de reação para reduzir a probabilidade e a magnitude dos impactos potenciais e efetivos decorrentes de perturbações. O conceito da assinatura de marca no mercado turístico de cruzeiros ("*Your Safe Port*"), abriu igualmente a janela de oportunidade para estratégias de incremento de resiliência, com especial relevo para as oportunidades de transformação digital.

Neste caso específico, importa consolidar o conjunto de medidas, menos dispendiosas do que o reforço das infraestruturas, mas que acautelem o reforço da assinatura de marca, através de um planeamento de resposta proactiva aos riscos e o aproveitamento das oportunidades da transformação digital. O porto do Funchal deve integrar na sua estratégia de resiliência, a atualização das orientações de gestão de emergências, documentos de cultura de segurança, planos de continuidade das atividades, operações e manutenção de infraestruturas e planos de sustentabilidade. Uma abordagem proactiva da gestão dos riscos e o reforço da resiliência, permitirá também ao porto do Funchal, manter-se na vanguarda das mudanças que estão a redefinir o sector.

Ainda ao nível da transformação digital, importa evitar que a automatização de processos e procedimentos seja entendida como transformação digital e desta forma venha a retirar relevo ao seu verdadeiro sentido e a limitar a perceção sobre o real significado do fenómeno (Nascimento, 2022). Na realidade, é expectável que a transformação digital ocorra, numa lógica de complementaridade, conseguida pela oferta de novas soluções, conjugadas com o surgimento de novos relacionamentos cocriativos geradores de inovação, ou seja, pela capacidade de inovar e criar valor no contexto da atual atividade portuária.



## 7. Conclusões

O transporte marítimo, desempenha um papel preponderante na rede de transportes e cumulativamente na economia mundial, gerando juntamente com os portos, mais de 80 por cento do comércio mundial de mercadorias em volume e mais de 70 por cento ao nível do valor económico. Os exemplos das recentes perturbações, (pandemia de COVID-19 e acidentes como o do navio Ever Given no Canal de Suez), demonstram a importância do transporte marítimo como canal de transmissão, suscetível de desencadear ondas de choque nas cadeias de abastecimento e desta forma paralisar o comércio e as atividades mundiais.

Conseguiu-se com a presente dissertação, realizar a análise aos conceitos internacionais associados ao incremento da resiliência portuária e integrá-los com o modelo gestão do risco, através do estudo de caso do porto do Funchal, de forma a fomentar a sensibilização para a importância da análise dos processos de resiliência e priorização do risco, permitindo otimizar as políticas de gestão operacional e capacitação da resposta, que incrementem a resiliência portuária.

Constatou-se que a relevância crescente (científica, técnica, mediática, política e da sociedade em geral), do impacto da inoperacionalidade do porto do Funchal, determina a necessidade de novas estratégias de atuação, nomeadamente a adoção de mecanismos de precaução e medidas de prevenção, capazes de minimizar perdas e danos económicos e sociais, à escala local.

Simultaneamente, apostou-se em demonstrar que o atual enquadramento de suporte à transformação digital, deverá ser amplamente aproveitado e potenciado, de forma contribuir para o iniciar de um novo ciclo de desenvolvimento e incremento de resiliência do Porto do Funchal.

As principais dificuldades para a realização da presente dissertação, encontram-se relacionadas com a pouca disponibilidade de informação relativa a modelos e métricas de capacitação de resiliência, através de estudos de caso em outros portos internacionais.

Assim, foi possível realizar uma breve análise a alguns pontos chave no processo de resiliência do porto do Funchal, permitindo desta forma que a presente dissertação, seja no futuro complementada com trabalhos de análise e investigação a medidas específicas de incremento da resiliência, com a possível integração de Inteligência Artificial (IA) em modelos de gestão do risco.



## Referências bibliográficas

- Abreu, U. (2008). Riscos Naturais no Ordenamento do Território: Aplicação ao Município de Câmara de Lobos – Construção de um sistema de gestão ambiental em ambiente de SIG's. Tese de Mestrado em Geociências. p. 22.
- ANEPC, A. N. (2009). *Cadernos Técnicos PROCIV #9*. Obtido de Autoridade Nacional Emergência e Proteção Civil: [www.prociv.pt](http://www.prociv.pt)
- APRAM, S.A. (02 de abril de 2023). APRAM, S.A. Obtido de Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A.:  
<https://www.apram.pt/site/index.php/pt/portos/caracteristicas/porto-do-funchal>
- Avelar, D. D. (2015). Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da Região Autónoma da Madeira.
- Brum da Silveira. (2010). Carta Geológica da ilha da Madeira. Funchal, Região Autónoma da Madeira.
- Cardona, O. (2003). *The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective*.
- Carvalho, A. M. (1991). Geologia do Arquipélago da Madeira. Lisboa: Museu Nacional de História Natural.
- Christofoletti, A. (1969). Análise morfométrica das bacias hidrográficas. Notícia geomorfológica, 9, 35-64.
- Deming, W. E. (15 de junho de 2023). *The Deming Cycle Risk Management*. Obtido de <https://www.plprojects.co.uk/the-deming-cycle-risk-management-and-the-iso-suite/>
- DGT, (7 de março de 2022). Carta Administrativa - versão de 2022 - CAOP2022. Obtido de Forest GIS: <https://forest-gis.com/shapefiles-de-portugal/>
- DRE Madeira, (25 de março de 2023). Direção Regional de Estatística da Madeira. Obtido de Direção Regional de Estatística da Madeira:  
[https://estatistica.madeira.gov.pt/index.php?option=com\\_acymailing&ctrl=archive&task=view&mailid=1824&key=H4RtCVAI&subid=67-JkR01jikoQJ0av&tmpl=component](https://estatistica.madeira.gov.pt/index.php?option=com_acymailing&ctrl=archive&task=view&mailid=1824&key=H4RtCVAI&subid=67-JkR01jikoQJ0av&tmpl=component)
- DRE Madeira, (19 de março de 2023). Direção Regional de Estatística. Obtido de Direção Regional de Estatística: <https://estatistica.madeira.gov.pt/download-now/ambiente-territorio/dados-meteorologicos/dados-meteorologicos-serie-retrospectiva.html>
- EOSDIS, E. O. (13 de março de 2023). *EOSDIS Earthdata*. Obtido de EOSDIS Earthdata: <https://earthdata.nasa.gov>
- Ferreira, H. A. (1955). O clima de Portugal. VIII: Açores e Madeira. Lisboa: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

- Figueira, S. J. (2004). O Porto do Funchal no contexto do Sistema Portuário Insular Regional.
- Garcia, A. C. (16 de dezembro de 2016). Angra e Funchal, dois portos atlânticos no contexto do império marítimo português.
- Guivant, J. (1998). A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social. Brasil: Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais.
- Hermenegildo, C. (2022). Gestão do Risco - Licenciatura em Engenharia de Proteção Civil.
- Hidrográfico, I. (2023). Agitação marítima registada na estação ondógrafo do Funchal. Hidrográfico, Instituto.
- IEC 31010, I. C. (junho de 2019). IEC 31010:2019. Genebra, Suíça.
- Igor Linkov, J. M. (2017). *Resilience and Risk: Methods and Application in Environment, Cyber and Social Domains (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security)*. Amesterdão , Holanda.
- IPCC. (2014). *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Isabel T. O. (Setembro de 2013). A Demografia das Sociedades Insulares Portuguesas. Séculos XV a XXI. Braga, Portugal.
- ISO 20858, I. O. (2007). *Ships and marine technology - Maritime port facility security asesments and security plan development*. Genebra, Suíça.
- Julião, R. P. (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.
- Marlo. (2018). Análide de custo-benefício socioeconómico e finaceiro (RESERVADO). Funchal.
- Nascimento, J. C. (2022). Sistemas de Informação para Gestores. Lisboa: Sílabo.
- Neves, D. (2010). Turismo e Riscos na Ilha da Madeira. Coimbra: Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
- Nextgis. (7 de março de 2023). *Nextgis*. Obtido de QuickMapServices: <https://nextgis.com/blog/quickmapservices/>
- OCM, O. d. (18 de março de 2023). Observatório do Clima da Madeira. Obtido de Observatório do Clima da Madeira: <https://observatorioclima.madeira.gov.pt/clima/>
- Offshore Energy*. (2023). Obtido de Offshore Energy: <https://www.offshore-energy.biz/marineenergy/>
- Pereira M., T. A.-G. (2013). Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária (VIII). Sistemas de Controlo e análise estrutural do quebramar do porto do Funchal.

- PRAM. (2016). PRAM – Plano Regional da Água da Madeira. . Funchal: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
- Ramos, R. L. (2009). Potencialidades e condicionalismos físicos, do desenvolvimento portuário da Região Autónoma da Madeira. Caso de estudo – Ampliação do Porto do Funchal.
- Rebelo, F. (1999). A teoria do risco analisada sob uma perspectiva geográfica. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Ribeiro, M. L. (2009). Uma visita ao Arquipélago da Madeira. Principais locais Geoturísticos.
- Sepúlveda, S. M. (2011). Avaliação da Precipitação Extrema na Ilha da Madeira.
- Simões, Á. V. (2002). Transportes na Madeira (1ª Edição). Funchal: Direcção Regional dos Assuntos Culturais, Região Autónoma da Madeira , Portugal.
- Sousa, J. J. (1989). O Movimento do Porto do Funchal e a Conjuntura da Madeira de 1727 a 1810.
- SRA, S. R. (2015). Plano Regional de Ordenamento Florestal da Região Autónoma da Madeira. Funchal: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
- UNCTD, U. N. (2022). *Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience*. Genebra - Suíça: UNCTAD *Division on Technology and Logistics*.
- Vieira, M. C. (1994). A importância dos portos marítimos no Arquipélago da Madeira do século XV ao século XXI.
- Yoon Kim, L. R. (Março de 2019). *An industry guide to enhancing resilience*. Reino Unido.