

# Gestão de Emergência em Ambientes Portuários: Caso de Estudo do Porto de Aveiro

Artur Jorge Castro Ferreira



**Nome**

**Título**

Artur Jorge Castro Ferreira Gestão de Emergência em Ambientes Portuários: Caso de Estudo do Porto de Aveiro

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão de Emergência, realizada sob a orientação científica do Professor Mestre Pedro Filipe Labrincha Barreirinha, do Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração.



## O júri

Presidente

Professora Doutora Carla Rodrigues  
Professora Coordenadora do ISCIA

Arguente

Professora Doutora Márcia Lima  
Professora Assistente da Universidade Lusófona

Orientador

Professor Mestre Pedro Barreirinha  
Professor Convidado do ISCIA



## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão ao meu orientador, Professor Mestre Pedro Filipe Labrincha Barreirinha, pelo apoio constante, pelas orientações valiosas e pelo incentivo ao longo de todo o processo de elaboração desta dissertação.

Agradeço também à minha família, pelo apoio incondicional durante este percurso de crescimento e valorização, ao qual deixo o meu mais sincero reconhecimento.

Por fim, estendo o meu profundo agradecimento ao ISCIA e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a minha aprendizagem e evolução ao longo do desenvolvimento deste trabalho.



## **Resumo**

Esta dissertação analisa a gestão de emergências no Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro, infraestrutura estratégica que concentra empresas classificadas como Seveso e apresenta riscos significativos, incluindo a possibilidade de acidentes com efeito dominó. O estudo teve como objetivo central identificar vulnerabilidades e propor soluções que reforcem a resiliência operacional e a proteção das comunidades, alinhadas com as melhores práticas internacionais e com a Diretiva Seveso III. Para tal, adotou-se uma abordagem qualitativa e quantitativa, baseada num estudo de caso, que integrou análise documental, entrevistas, visitas técnicas, observação direta e modelação de cenários de emergência com recurso a QGIS, ArcGIS e ALOHA. A investigação incluiu ainda a comparação com práticas de referência, como as do Porto de Roterdão, e a revisão crítica do Plano de Emergência Externo de Ílhavo. Os resultados evidenciaram fragilidades na gestão de emergências, nomeadamente a ausência de uma estrutura integrada de comando, deficiências na comunicação multicanal e falta de simulacros conjuntos. Como contributo, propõem-se a criação de uma Central Integrada de Monitorização e Alerta de Riscos, a implementação de sistemas inteligentes de aviso à população, a formalização de uma Unidade de Gestão de Emergência Portuária e a integração de sistemas de deteção por sensores, para deteção precoce de incidentes. Conclui-se que a modernização da gestão de emergências no Porto de Aveiro requer uma abordagem colaborativa e tecnologicamente avançada, capaz de integrar diferentes atores e sistemas, garantindo segurança, eficiência e inovação.

**Palavras-chave** Risco tecnológico; Empresas Seveso; Efeito dominó; Segurança portuária; Resiliência operacional; Sistemas de aviso à população; Cooperação interinstitucional; Diretiva Seveso III



**Abstract** This dissertation analyses emergency management at the Liquid Bulk Terminal (TGL) of the Port of Aveiro, a strategic infrastructure hosting Seveso-classified companies and presenting significant risks, including the possibility of domino-effect accidents. The main objective of this study was to identify vulnerabilities and propose solutions to strengthen operational resilience and the protection of local communities, in line with international best practices and the Seveso III Directive. A qualitative and quantitative approach was adopted, based on a case study that included document analysis, interviews, technical visits, direct observation, and emergency scenario modelling using QGIS, ArcGIS, and ALOHA. The research also involved benchmarking with reference practices, notably those of the Port of Rotterdam, and a critical review of the Ílhavo External Emergency Plan. The results revealed weaknesses in emergency management, such as the absence of an integrated command structure, deficiencies in multi-channel communication, and a lack of joint drills. As a contribution, the study proposes the creation of an Integrated Risk Monitoring and Alert Centre, the implementation of intelligent public warning systems, the formalisation of a Port Emergency Management Unit, and the adoption of sensor and automation technologies for early incident detection. It is concluded that modernising emergency management in the Port of Aveiro requires a collaborative and technologically advanced approach, capable of integrating different actors and systems, ensuring safety, efficiency, and innovation.

**Keywords** Technological risk; Seveso companies; Domino effect; Port security; Operational resilience; Public warning systems; Interagency cooperation; Seveso III Directive



## Índice de Ilustrações

Ilustração 1 - Setorização do Porto de Aveiro - Fonte: CSREPSRAVE-PPI2025.....	28
Ilustração 2 - Localização do Porto de Aveiro - Fonte: WEBSIG INFORISCOS.....	79
Ilustração 3 - Risco acidentes transporte rodoviário mercadorias perigosas e risco acidentes em instalações fixas com matérias perigosas - Fonte: WEBSIG INFORISCOS .....	80
Ilustração 4 - Localização Empresas Seveso do Porto de Aveiro - Fonte: WEBSIG INFORISCOS.....	82
Ilustração 5 - Mapa de Riscos de Inundações e Galgamento Costeiro. Fonte - WEBSIG INFORISCOS.....	96
Ilustração 6 - Mapa Riscos Cheias e Inundações - Fonte: WEBSIG INFORISCOS.....	97
Ilustração 7 - Área do Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro (0,79 km <sup>2</sup> ) Fonte - WEBSIG INFORISCOS.....	98
Ilustração 8 - Alcance médio de irradiação térmica para 1m <sup>3</sup> de substância derramada ....	99
Ilustração 9 - Alcance máximo de irradiação térmica para 1m <sup>3</sup> de substância derramada	100
Ilustração 10 - Simulação cone evacuação em Função da Direção do Vento 15hm/h no TGL Porto de Aveiro Fonte: IA (ChatGPT e DALL•E, OpenAI, 2025) .....	101



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estabelecimentos (Continente) abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves - Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA).....	62
Tabela 2 - Estabelecimentos identificados no Grupo de Efeito Dominó Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA).....	63
Tabela 3 - Identificação Técnica e Classificação ONU de Matérias Perigosas Fonte: MEIMP da ANEPC .....	64
Tabela 4 - Perigos, Riscos e Medidas de Emergência Fonte: MEIMP da ANEPC .....	64
Tabela 5 - Caracterização das matérias perigosas presentes no TGL do Porto de Aveiro..	83
Tabela 6 - Estimativa dos Efeitos Potenciais por Substância Perigosa no Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro.....	85
Tabela 7 - Principais Riscos Químicos e Tecnológicos no TGL do Porto de Aveiro.....	92
Tabela 8 - Principais Matérias Perigosas no Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro e seus Riscos.....	93
Tabela 9 - Características e Impactos das Matérias Perigosas no TGL do Porto de Aveiro	94
Tabela 10 - Características e Impactos Matérias Perigosas TGL do Porto de Aveiro .....	95
Tabela 11 - Efeitos Estimados de Fuga/Explosão 500kg Substância.....	98
Tabela 12 - Avaliação Risco Escalada entre Instalações de Matérias Perigosas no TGL.	102
Tabela 13 - Avaliação Simplificada do Potencial de Efeito Dominó entre Pares de Empresas Seveso no Terminal de Granéis Líquidos. ....	103
Tabela 14 - Avaliação Geral dos Principais Riscos no Porto de Aveiro.....	105
Tabela 15 - Avaliação Detalhada e Classificação dos Riscos no Porto de Aveiro e Empresas Seveso .....	106

Tabela 16 - Análise Comparativa de Práticas e Fragilidades Operacionais e Institucionais no Porto de Aveiro.....	112
Tabela 17 - Comparação dos Elementos de Gestão de Emergência entre os Portos de Aveiro, Roterdão e Antuérpia.....	113
Tabela 18 - Comparação das Áreas de Gestão, Monitorização e Resposta a Emergências: Porto de Roterdão vs Porto de Aveiro .....	114
Tabela 19 - Comparação dos Critérios de Gestão Integrada, Sistemas de Monitorização e Regulamentação entre Porto de Aveiro e Porto de Roterdão .....	114
Tabela 20 - Comparação entre Critérios do Plano de Emergência Externo de Ílhavo e Propostas para o Porto de Aveiro .....	121
Tabela 21 - Avaliação da Centralização das Centrais de Monitorização das Empresas Seveso no Porto de Aveiro: .....	128

## Índice de Abreviaturas e Glossário

**A25** – Autoestrada 25; principal via rodoviária de acesso ao Porto de Aveiro.

**AC** – Análise de Consequências; ferramenta que avalia os potenciais impactos de um acidente sobre as pessoas, o ambiente e os bens.

**ALOHA** – Areal Location of Hazardous Atmospheres; software utilizado para modelar e prever a dispersão de matérias químicas perigosas no ar.

**APA** – Agência Portuguesa do Ambiente; entidade responsável pela proteção e gestão sustentável do ambiente em Portugal.

**APA (Porto de Aveiro)** – Administração do Porto de Aveiro; entidade gestora das Infraestruturas portuárias do Porto de Aveiro.

**APP** – Análise Preliminar de Perigos; metodologia utilizada para identificar perigos e avaliar riscos em fases iniciais de planeamento.

**Aviso à População** – Estratégias, sistemas e procedimentos utilizados para informar rapidamente a população sobre riscos iminentes e medidas de autoproteção em situações de emergência.

**CIM** – Comunidade Intermunicipal; estrutura de cooperação entre municípios vizinhos com funções de planeamento e coordenação intermunicipal.

**CIRA** – Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro; CIM que integra os municípios da Região de Aveiro.

**Coordenação Interinstitucional** – Colaboração entre diversas entidades (públicas, privadas e de proteção civil) para garantir uma resposta articulada e eficaz a emergências.

**CSREPC** – Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil; unidade de comando descentralizado da ANEPC para a gestão de emergências a nível sub-regional.

**CSREPCRAVE** – Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro; estrutura responsável pela coordenação operacional da resposta à emergência na sub-região de Aveiro.

**Diretiva Seveso** – Diretiva europeia (atualmente Seveso III – Diretiva 2012/18/UE) que visa prevenir acidentes graves envolvendo matérias perigosas e limitar as suas consequências para a saúde humana e o ambiente.

**Dr.** – Abreviatura de Doutor; título académico.

**Efeito Dominó** – Fenómeno em que um acidente inicial desencadeia eventos sucessivos em outras instalações ou áreas próximas, agravando o impacto global.

**Eficiência Operacional** – Capacidade de realizar operações com eficácia e otimização de recursos, tempo e resposta.

**Gestão de Emergências** – Processo de planeamento, organização, coordenação e implementação de medidas para prevenir, responder e recuperar de situações de emergência.

**IoT** – Internet of Things (Internet das Coisas); rede de dispositivos interligados que comunicam entre si para recolha e partilha de dados em tempo real.

**ISCIA** – Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração; instituição de ensino superior em Aveiro, especializada em áreas como proteção civil, emergência e gestão.

**Lda.** – Limitada; designação legal de uma empresa privada com responsabilidade limitada em Portugal.

**PEEE** – Plano de Emergência Externo de Estarreja; plano que define a resposta a emergências industriais fora do perímetro das instalações Seveso em Estarreja.

**PEEI** – Plano de Emergência Externo de Ílhavo; plano de resposta a emergências relacionadas com a presença de empresas Seveso no município de Ílhavo.

**Plano de Emergência** – Documento operacional que descreve os procedimentos, recursos e entidades envolvidas na resposta a uma situação de emergência.

**Portos e Infraestruturas Portuárias** – Conjunto de instalações, equipamentos e serviços que permitem operações logísticas, comerciais e industriais num porto.

**PPI** – Plano Prévio de Intervenção; plano de ação específico para situações de emergência em instalações classificadas como Seveso.

**QGIS** – Quantum Geographic Information System; software de código aberto para análise e visualização de dados geoespaciais.

**RAVE** – Região de Aveiro; zona territorial composta pelos municípios integrados na CIRA.

**Resposta a Emergências** – Conjunto de ações imediatas adotadas para conter, mitigar e resolver os efeitos de uma emergência.

**Riscos Químicos** – Riscos decorrentes da presença, manuseamento ou transporte de matérias químicas perigosas que podem causar danos à saúde humana, ambiente ou bens materiais.

**S.A.** – Sociedade Anónima; tipo de empresa em que o capital está dividido em ações.

**SIG** – Sistema de Informação Geográfica; sistema que permite capturar, armazenar, manipular e analisar dados georreferenciados.

**TGL** – Terminal de Graneis Líquidos; infraestrutura portuária destinada à movimentação e armazenagem de líquidos a granel, como combustíveis, óleos e produtos químicos.



## Índice

<b>Índice de Ilustrações.....</b>	<b>13</b>
<b>Índice de Tabelas.....</b>	<b>15</b>
<b>Índice de Abreviaturas e Glossário.....</b>	<b>17</b>
<b>Índice.....</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo I - Fundamentação Teórica.....</b>	<b>27</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>27</b>
<b>2. Enquadramento do Estudo.....</b>	<b>28</b>
<b>3. Desafios e Limitações da Pesquisa.....</b>	<b>29</b>
<b>4. Objetivos da Investigação.....</b>	<b>30</b>
4.1    Objetivos Gerais.....	30
4.2    Objetivos Específicos.....	31
<b>5. Relevância e Justificação do Estudo.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Metodologia da Investigação.....</b>	<b>32</b>
<b>7. Nota Metodológica.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Organização da Dissertação.....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo II – Revisão de Literatura.....</b>	<b>37</b>
<b>1. Análise Crítica de Estudos Relevantes na Área.....</b>	<b>37</b>
1.1    Lacunas e Oportunidades Identificadas no Estudo.....	37
<b>2. Estado da Arte - Plano de Emergência Externo de Ílhavo (PEEI).....</b>	<b>37</b>
2.1    Caracterização e Estrutura do PEEI.....	37
2.2    Limitações do PEEI face à Complexidade Portuária e Efeito Dominó.....	38
<b>3. Estado da Arte na Gestão de Emergências.....</b>	<b>39</b>
3.1    Definições Fundamentais.....	39
3.2    Conceitos-Chave na Gestão de Emergências.....	41
3.3    Gestão de Emergência em Portos: Desafios e Práticas.....	41

3.4	Papel do Gestor de Emergências: Funções e Responsabilidades .....	43
3.5	Desafios e Soluções na Gestão de Emergências.....	44
<b>4.</b>	<b>Estado da Arte na Gestão de Riscos em Ambientes Portuários.....</b>	<b>45</b>
4.1	Conceitos e Estratégias em Gestão de Riscos .....	45
4.2	Gestão de Riscos em Infraestruturas Portuárias .....	46
4.3	Infraestruturas Críticas e Gestão de Riscos .....	47
4.4	Riscos Tecnológicos e Químicos em Portos .....	47
4.5	Diretiva Seveso e a sua Aplicabilidade .....	47
4.6	Mudanças Climáticas e Impactos nos Riscos Portuários.....	48
4.7	Impactos das Mudanças Climáticas na Segurança Portuária.....	48
<b>5.</b>	<b>Estado da Arte do Efeito Dominó .....</b>	<b>49</b>
5.1	Efeito Dominó e Suas Implicações nas Empresas Seveso .....	49
5.2	O Efeito Dominó em Ambientes Portuários.....	49
<b>6.</b>	<b>O Exemplo do Porto de Roterdão .....</b>	<b>50</b>
6.1	Melhores Práticas no Porto de Roterdão .....	51
6.2	Gestão de Emergências em Roterdão: Estratégias e Respostas.....	51
6.3	Prevenção de Riscos e Desafios no Porto de Roterdão .....	52
6.4	Inovação Tecnológica na Gestão de Emergências e Riscos Portuários.....	53
6.5	Sistema de Monitorização e Alerta de Emergências em Roterdão.....	53
6.6	Sistemas de Alerta à População e a sua Abordagens.....	54
6.7	Monitorização Inteligente e IoT: Papel dos Sensores na Gestão Portuária .....	55
6.8	Sistemas de Alerta e Comunicação em Situações de Emergência .....	55
6.9	Integração das Autoridades Locais na Resposta a Emergências Portuárias .....	56
6.10	Lições e Boas Práticas do Porto de Roterdão .....	57
<b>Capítulo III -</b>	<b>Contextualização do Porto de Aveiro .....</b>	<b>59</b>
<b>1.</b>	<b>O Porto Comercial de Aveiro: História e Infraestruturas .....</b>	<b>59</b>
1.1	Evolução Histórica .....	59
1.2	Terminal Químico do Porto de Aveiro: Características e Operações.....	60
<b>2.</b>	<b>Importância Estratégica do Porto de Aveiro .....</b>	<b>66</b>
2.1	Papel Estratégico.....	66
2.2	Operações Portuárias e Riscos Associados .....	67
2.3	O Projeto Liverpool: Modernização e Expansão.....	68
2.4	A Gestão de Riscos e as Empresas Seveso.....	70
<b>3.</b>	<b>Infraestrutura e Capacidades Técnicas.....</b>	<b>70</b>

<b>4. Dinâmica Operacional e Logística .....</b>	<b>71</b>
<b>5. Desafios e Riscos Associados .....</b>	<b>71</b>
5.1 Riscos de Incidentes em Cadeia: Proximidade entre as Empresas Seveso .....	71
<b>6. Gestão de Emergências em Contextos de Alta Complexidade.....</b>	<b>72</b>
6.1 Pressões Sociais e Ambientais sobre a Infraestrutura Portuária.....	73
6.2 Contexto local: Gafanha da Nazaré e Infraestruturas Circundantes.....	73
6.3 Vulnerabilidades Críticas .....	74
6.4 Medidas de Mitigação dos Riscos - Desafios no Porto de Aveiro .....	75
<b>CAPÍTULO IV – Identificação e Avaliação de Riscos no Porto de Aveiro .....</b>	<b>77</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>77</b>
<b>2. Identificação dos Riscos .....</b>	<b>77</b>
2.1 Localização do Porto e Contexto Geoespacial .....	78
2.2 Mapas e Recursos Adicionais .....	79
<b>3. Ocupação do Terminal Químico.....</b>	<b>80</b>
3.1 Identificação e Localização das Empresas Seveso no Porto de Aveiro.....	81
3.2 Caracterização das Matérias Perigosas no TGL.....	82
3.3 Avaliação dos Efeitos Potenciais em Caso de Acidente.....	84
3.4 Identificação de Vulnerabilidades Locais .....	86
<b>4. Tipologia dos Riscos Associados ao Terminal Químico.....</b>	<b>92</b>
4.1 Riscos Químicos e Tecnológicos .....	92
4.2 Riscos Ambientais e Meteorológicos .....	95
4.3 Riscos Operacionais e de Infraestruturas .....	96
4.4 Simulação de Efeitos Térmicos e de Dispersão Química.....	98
4.5 Avaliação do Potencial de Efeito Dominó entre Empresas Seveso.....	101
<b>5. Avaliação dos Riscos .....</b>	<b>105</b>
5.1 Fatores Ambientais e Meteorológicos na Gestão de Riscos.....	105
5.2 Matriz de Risco .....	105
<b>CAPÍTULO V – Interpretação e Discussão dos Resultados .....</b>	<b>109</b>
<b>1. Análise Crítica dos Riscos Identificados .....</b>	<b>109</b>
<b>2. Fragilidades Institucionais e Operacionais .....</b>	<b>110</b>
<b>3. Análise Comparativa de Boas Práticas e Falhas no Porto de Aveiro.....</b>	<b>112</b>

3.1	Comparação com Boas Práticas Internacionais.....	113
3.2	Modelos de Gestão de Emergência em Portos Europeus .....	113
3.3	Comparação entre Porto de Aveiro, Roterdão e Antuérpia .....	113
3.4	Aspetos Específicos da Gestão e Coordenação .....	114
3.5	Gestão Integrada, Monitorização e Normas .....	114
3.6	Considerações Finais.....	115
<b>4.</b>	<b>Riscos Dominó: Análise e desafios operacionais .....</b>	<b>115</b>
4.1	Empresas Seveso e Risco de Efeito Dominó no Porto de Aveiro .....	115
4.2	Análise e Desafios da Gestão do Efeito Dominó .....	116
4.3	Propostas de Melhoria para Mitigação do Risco Dominó.....	116
4.4	Modelos de Análise de Risco .....	117
4.5	Modelos de Avaliação de Risco .....	117
<b>5.</b>	<b>Estrutura Integrada: Limitações e Referências Internacionais .....</b>	<b>119</b>
5.1	Contexto e Limitações Atuais .....	119
5.2	Sistemas de Monitorização e Aviso à População .....	119
5.3	Propostas de Melhoria.....	120
5.4	Métodos Comuns de Aviso à População (PMEPC e PEE Ílhavo) .....	120
5.5	Comparação: PEE de Ílhavo vs Propostas para o Porto de Aveiro .....	121
<b>6.</b>	<b>Coordenação Integrada e Monitorização de Emergências .....</b>	<b>121</b>
6.1	Coordenação Integrada com Bombeiros e Autoridades Locais.....	121
6.2	Sistema de Alerta Meteorológico Antecipado.....	122
6.3	Sistema de Sensores para Detecção de Fugas .....	122
6.4	Desafios e Soluções.....	123
6.5	Impactos Esperados.....	123
6.6	Conclusão da Análise.....	124
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>– Recomendações e Perspetivas Futuras .....</b>	<b>125</b>
<b>1.</b>	<b>Recomendações.....</b>	<b>125</b>
1.1	Criação de uma Central Integrada de Monitorização e Controlo de Riscos .....	125
1.2	Avaliação da Centralização das Centrais de Monitorização.....	128
1.3	Coordenação Integrada e Monitorização no Porto de Aveiro .....	129
1.4	Implementação Sistema Aviso à População no Contexto Portuário.....	131
1.5	Criação de uma Unidade de Gestão de Emergência Portuária (UGEP) .....	133
1.6	Proposta de Simulação de Incidente com Efeito Dominó no TGL .....	134
1.7	Otimização da Resposta Operacional no Terminal de Graneis Líquidos .....	135

1.8	Plano de Comunicação de Crise para o Porto de Aveiro.....	135
<b>2</b>	<b>Perspetivas Futuras.....</b>	<b>136</b>
2.1	Melhoria na Digitalização e Automação na Monitorização de Riscos.....	136
2.2	Avaliação da Perceção de Risco e Participação Comunitária .....	136
2.3	Integração de Estratégias de Adaptação às Alterações Climáticas.....	137
2.4	Desenvolvimento Laboratório Vivo de Gestão de Riscos Portuários .....	137
2.5	Certificação e Reconhecimento Internacional.....	137
2.6	Estudos Futuramente Recomendados.....	137
	<b>CAPÍTULO VII – Conclusões.....</b>	<b>139</b>
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>141</b>



## Capítulo I - Fundamentação Teórica

### 1. Introdução

O Porto de Aveiro é uma infraestrutura estratégica no contexto nacional e internacional, desempenhando um papel fundamental no comércio marítimo e na economia local, regional e nacional. Com uma localização privilegiada e um volume significativo de operações logísticas industriais, o porto abriga diversas empresas classificadas como seveso de categoria superior, no seu Terminal de Granéis Líquidos (TGL), devido ao armazenamento, trasfega e manuseamento de matérias perigosas (Parlamento Europeu, 2008). Estas características aumentam a complexidade na gestão de emergência, exigindo abordagens robustas e inovadoras para mitigar os riscos associados a potenciais incidentes, os quais podem provocar o efeito dominó entre as empresas que compõem este terminal.

A gestão de emergência neste ambiente portuário enfrenta desafios únicos, pois combina a diversidade das operações portuárias e industriais com a interação entre as comunidades locais e os ecossistemas existentes. O Porto de Aveiro, em particular, apresenta vários cenários de vulnerabilidade que requerem análises detalhadas e a implementação de práticas alinhadas com as normas internacionais, como as Diretiva Seveso (Europeu, 2012). Estas normas estabelecem parâmetros para a segurança em instalações de alto risco e a proteção de infraestruturas críticas.

Face ao aumento global de incidentes tecnológicos e à crescente exigência de resiliência em ambientes portuários, a presente investigação tem como finalidade analisar soluções tecnológicas e organizacionais aplicáveis à gestão de emergências em infraestruturas portuárias. Este estudo procede à avaliação crítica das lacunas existentes nos protocolos vigentes e propõe inovações que visem otimizar a coordenação das respostas e a eficácia das intervenções em situações de emergência. Com especial destaque para os princípios da segurança e sustentabilidade, a investigação pretende contribuir para a salvaguarda dos trabalhadores do Porto de Aveiro, das comunidades adjacentes e do meio ambiente. Além disso, procura reforçar a posição do Porto de Aveiro como referência em gestão de emergência portuária. Esta dissertação pretende fornecer uma análise detalhada do contexto local, bem como apresentar recomendações que podem vir a ser replicadas noutros portos com características similares.

## 2. Enquadramento do Estudo

A gestão de emergência em terminais químicos é um dos maiores desafios no contexto portuário, especialmente em locais que disponham de diversas empresas classificadas como Seveso. No Porto de Aveiro (ilustração 1), a presença de sete empresas Seveso de categoria superior (APA, 2025) e o fluxo significativo de matérias perigosas tornam o TGL, num ponto crítico para a segurança local, regional e nacional. Alguns estudos mostram que as áreas industriais com alta concentração de instalações perigosas estão particularmente expostas a eventos de efeito dominó (Reniers, 2013), onde possíveis falhas destas instalações podem desencadear uma sequência de acidentes (Cozzani, 2014). Além disso, o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, aliado à complexidade logística, aumenta os riscos associados às operações portuárias (IPCC, 2019).

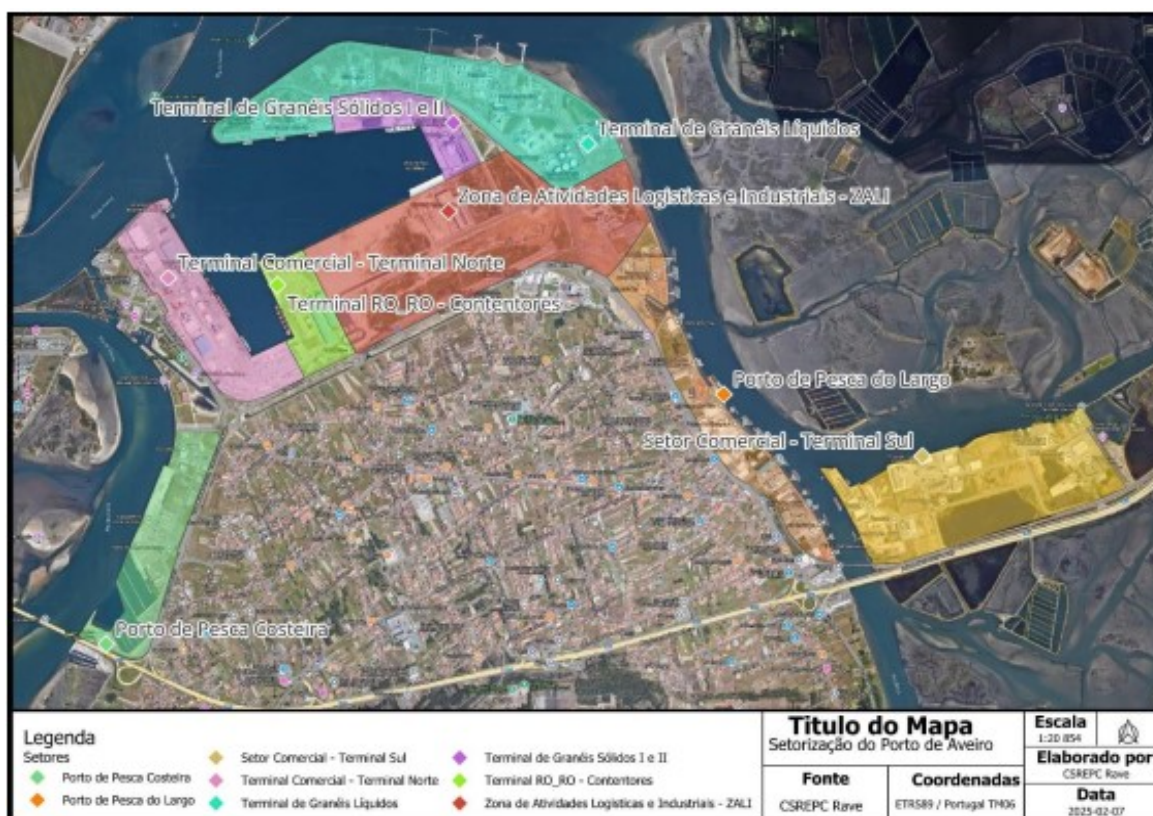


Ilustração 1 - Setorização do Porto de Aveiro - Fonte: CSREPSRAVE-PPI2025

Neste contexto, destaca-se o TGL do Porto de Aveiro, que serve um dos principais polos da indústria química nacional, situado nas imediações do porto. Este terminal dispõe de

seis pontes de atracação: 3 localizadas no canal principal de navegação (pontes-cais n.º 20, 21 e 23) e outras três na dársena<sup>1</sup> interior (pontes-cais n.º 24, 25 e 26).

Beneficia ainda, de acessos rodoferroviários e de zonas com potencial para instalação de unidades logísticas, em primeira ou segunda linha face à frente marítima. As suas infraestruturas são dedicadas exclusivamente ao tráfego de granéis líquidos e são exploradas por diversas entidades, responsáveis pela movimentação e armazenagem de mercadorias como produtos químicos (anilina, soda cáustica, ácido sulfúrico, metanol, benzeno), hidrocarbonetos refinados (gasolina, gasóleo), gases liquefeitos (butano e propano) e óleos vegetais (CSREPCRAVE, 2025).

### **3. Desafios da Pesquisa**

Este estudo identificou várias dificuldades na definição de mecanismos eficazes de gestão de emergência no TGL do Porto de Aveiro, evidenciadas, sobretudo, pela limitada interação entre as empresas Seveso aí instaladas e pela aparente aceitação do risco de ocorrência de acidentes com efeito dominó. Esta realidade revela fragilidades estruturais na preparação, coordenação e resposta integrada a emergências tecnológicas. Acresce a estas limitações a ausência, em sentido lato, de uma figura de gestor de emergência com competências claras e transversais de articulação e comando no âmbito das operações de proteção e socorro. Apesar da existência de figuras como o Oficial de Segurança Portuária e o Coordenador do Centro de Controlo de Tráfego Marítimo-Portuário, estas não garantem, por si só, a coordenação estratégica e operacional exigida perante cenários de elevada complexidade e risco tecnológico. Soma-se ainda a fraca interoperabilidade entre a autoridade portuária, as entidades industriais ali localizadas e os sistemas municipais de proteção civil, o que acentua a vulnerabilidade do sistema perante emergências com potencial de escalada.

Uma outra dificuldade adicional com impacto direto na pesquisa desta investigação prende-se com a inexistência de informação pública estruturada e atualizada sobre a natureza, tipologia, volumes e fluxos das matérias perigosas armazenadas ou

---

<sup>1</sup> Dársena - Uma dársena é uma área dentro de um porto, enseada ou baía, protegida naturalmente ou artificialmente, onde as embarcações podem atracar para realizar operações como carga e descarga, reparos ou simplesmente para descanso.

movimentadas no TGL. A identificação dos produtos químicos presentes baseou-se, assim, em fontes institucionais dispersas, nomeadamente planos de emergência, estudos ambientais e documentos de carácter técnico-científico, uma vez que não foi possível aceder a dados oficiais consolidados sobre as quantidades exatas, volumes de armazenamento, classificação segundo o Anexo I da Diretiva Seveso III, ou a frequência dos movimentos.

Esta lacuna informativa constitui uma limitação relevante não apenas do ponto de vista metodológico, mas também do ponto de vista da transparência, da segurança pública e da eficiência da resposta a emergência, contrariando o espírito da Diretiva Seveso III, que preconiza o acesso à informação e o envolvimento das autoridades locais e da população na preparação para incidentes industriais graves (Diretiva 2012/18/UE; EEA, 2018).

Ainda assim, a investigação conseguiu identificar, com base nas fontes disponíveis, um conjunto representativo de matérias perigosas presentes no TGL — incluindo produtos químicos industriais (como a anilina, soda cáustica, ácido sulfúrico, metanol, benzeno), hidrocarbonetos refinados (gasolina, gasóleo, biodiesel, etanol), gases liquefeitos (butano e propano) e óleos vegetais. Esta identificação preliminar servirá de base à análise subsequente sobre os riscos tecnológicos associados ao terminal e à proposta de medidas de mitigação e planeamento.

## **4. Objetivos da Investigação**

### **4.1 Objetivos Gerais**

Analisar e propor melhorias para a gestão de emergência no Porto de Aveiro, com foco na mitigação de riscos, otimizações da coordenação interinstitucional, implementação de sistemas de aviso à população e criação de uma central integrada de monitorização e despacho. Identificar os riscos associados às atividades portuárias e às operações das empresas abrangidas pela diretiva Seveso de categoria superior localizadas no TGL, considerando o potencial efeito dominó. Avaliar modelos e práticas de aviso à população em diferentes contextos portuários, com especial atenção à diversidade linguística, e propor o desenvolvimento e implementação de um sistema eficaz e bilíngue de alerta para emergências no Porto de Aveiro, garantindo a comunicação clara e acessível a todas as comunidades envolventes. Desenhar uma central integrada de monitorização e despacho

que otimize a resposta a emergências, garantindo coordenação eficiente entre as partes envolvidas. Fornecer recomendações para estratégias preventivas e de resposta, alinhadas com as melhores práticas internacionais e o contexto específico do Porto de Aveiro.

#### 4.2 Objetivos Específicos

Analisar as infraestruturas, as operações e os riscos associados ao terminal químico do Porto de Aveiro;

Avaliar a aplicação da Diretiva Seveso no contexto portuário, com ênfase nas empresas abrangidas pela diretiva Seveso de categoria superior;

Identificar vulnerabilidades e potenciais cenários de efeito dominó entre as instalações;

Propor melhorias nos planos de gestão de emergências, incluindo a integração com os possíveis eventos extremos.

### 5. Relevância e Justificação do Estudo

O estudo justifica-se pela pertinência da gestão de emergência nos agentes de proteção civil locais e pela importância estratégica do Porto de Aveiro para a economia nacional. O terminal químico do porto desempenha um papel crucial no abastecimento de indústrias e na exportação de produtos químicos. No entanto, as suas operações envolvem riscos significativos, que podem causar danos irreversíveis à população, ao meio ambiente e às infraestruturas (Moura, 2021). A literatura destaca que a gestão integrada de riscos é essencial para minimizar os impactos de acidentes graves, especialmente nas áreas industriais críticas (Verhoeven, 2017; Correia J. , 2019).

Além disso, o aumento da regulamentação ambiental e de segurança, aliado à crescente pressão social (Cabral M. , 2019), exige soluções inovadoras que conciliem eficiência operacional e segurança (EEA., 2018). Este trabalho contribui para a literatura académica, dando *insights*<sup>2</sup> aplicáveis à gestão de emergências em terminais químicos e portuários.

---

<sup>2</sup> *Insights* - dá-nos uma ideia do que pode estar mal e do que pode ser melhorado; é nesta perceção que assentam as regras que deverão ser adotadas.

## 6. Metodologia da Investigação

A metodologia adotada baseou-se num estudo de caso com abordagem qualitativa e quantitativa, aplicado ao Porto de Aveiro e focada na gestão de emergências (F.Dore, 2019) associadas à presença de empresas Seveso de categoria superior. A investigação procurou compreender como se monitorizam atualmente as ameaças e os riscos e propor melhorias baseadas nas melhores práticas internacionais, com destaque para o exemplo do Porto de Roterdão.

A vertente qualitativa centrou-se na compreensão das perceções dos intervenientes, gestores portuários, autoridades e representantes das empresas Seveso, enquanto a abordagem quantitativa permitiu recolher dados objetivos sobre a gestão de emergência e identificar falhas nos sistemas existentes.

Foram realizadas reuniões com os principais intervenientes institucionais, complementadas com observação participativa e análise documental, incluindo planos de emergência, relatórios de incidentes e protocolos de comunicação. A estas ações juntaram-se visitas técnicas às instalações portuárias e às empresas Seveso, onde foi realizada a verificação dos sistemas de combate a incêndios e as centrais de controlo e monitorização interna de cada instalação Seveso. Esta análise prática incluiu a avaliação das redes fixas de incêndio internas e periféricas, bem como a sua integração com os meios externos de socorro.

Na análise de riscos, recorreu-se a ferramentas especializadas como o QGIS (Sistema de Informação Geográfica), o ArcGis (análise espacial) e o ALOHA (modelação de plumas tóxicas), permitindo mapear e avaliar cenários de emergência com maior rigor técnico. Adicionalmente, foram simuladas situações de efeito dominó com recurso a software de modelação de emergências, especialmente orientadas para o TGL.

Por fim, a pesquisa contemplou a avaliação dos mecanismos de aviso e alerta à população, com base no PEEI - Plano de Emergência Externo de Ílhavo (Ílhavo, Revisão 2022).

Este diagnóstico procurou identificar lacunas nos sistemas de comunicação e propor soluções integradas, com ênfase na redundância e eficácia da transmissão de alertas às comunidades locais em situações de crise.

## 7. Nota Metodológica

Durante a elaboração desta dissertação, foram consultadas e analisadas diversas obras científicas (Ferreira A. T., 2024), artigos técnicos (IMO, 2004), relatórios institucionais (APA A. d., Regulamento de Segurança da APA , 2021), dissertações académicas (Lima, 2013; Costa E. , 2012) e normas nacionais e internacionais relevantes para a temática da gestão de emergência em ambientes portuários, com especial foco nas empresas Seveso e no risco de efeito dominó. A recolha e análise da informação fundamentaram as opções teóricas e práticas aqui apresentadas.

O estudo assentou numa metodologia qualitativa, com pesquisa documental e exploratória, privilegiando fontes credíveis e atualizadas (Ferreira R. S., 2021). Foram analisadas dissertações anteriores (Araújo S. , 2013; Correia M. , 2019; Cabral J. , 2019; Rodrigues, 2018), artigos científicos (Spada Ferreira, 2023), diretivas e normas legais (Council., 2012), bem como planos de emergência externos (Ílhavo, Revisão 2022; Ambiente A. P., 2001) e estudos de caso em contextos nacionais e internacionais.

A investigação incluiu ainda uma reflexão sobre a perceção do risco e o papel da cidadania em cenários de emergência, atendendo à importância da comunicação de risco e da preparação comunitária.

Adicionalmente, foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial, nomeadamente o ChatGPT da OpenAI (2024), como apoio na organização de ideias, clarificação de conceitos, estruturação textual e validação de terminologia técnica. Esta utilização foi sempre realizada sob controlo pessoal e académico rigoroso, respeitando a integridade científica e assegurando a autoria das reflexões e conclusões expressas.

## 8. Organização da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos e bibliografia, conforme descrito a seguir:

**Capítulo I – Fundamentação Teórica** – Na introdução apresenta-se o enquadramento geral da investigação, justificando a escolha do tema, delineando os objetivos do estudo e destacando a sua relevância no contexto atual da gestão de emergências em ambientes

portuários. De seguida estabelece os alicerces conceptuais da investigação, abordando os principais desafios e limitações do estudo, os objetivos da pesquisa, a pertinência do tema e a metodologia adotada.

**Capítulo II – Revisão de Literatura** – Apresenta uma síntese crítica da literatura existente sobre o Plano de Emergência Externo de Ílhavo (PEEI), a gestão de emergências em ambientes portuários, abordando conceitos-chave como gestão de risco, a Diretiva Seveso e o efeito dominó. Inclui, também, uma análise centrada nas melhores práticas aplicadas no Porto de Roterdão.

**Capítulo III – Contextualização do Porto de Aveiro** – Descreve a evolução histórica, a estrutura física, a operação dos terminais e a importância estratégica do Porto de Aveiro, com especial destaque no TGL e nas empresas classificadas como Seveso. Analisa, ainda, os principais riscos e desafios operacionais associados.

**Capítulo IV – Identificação e Avaliação de Riscos no Porto de Aveiro** – Analisa os riscos específicos associados às operações do terminal químico, aplicando metodologias de avaliação de risco e modelação de cenários de emergência adaptados à realidade do Porto de Aveiro.

**Capítulo V – Interpretação e Discussão dos Resultados** – Apresenta a análise dos dados obtidos durante o estudo, confrontando-os com a literatura de referência e discutindo a eficácia das medidas de gestão de emergência atualmente implementadas.

**Capítulo VI – Recomendações e Perspetivas Futuras** – Resume as principais observações da investigação, salientando as implicações práticas para a gestão de emergências no Porto de Aveiro. Propõe, ainda, recomendações de melhoria, nomeadamente a criação de uma central integrada de monitorização e alerta, e sugere linhas futuras de investigação.

**Capítulo VII – Conclusão** – Sintetiza os principais contributos da dissertação, destacando as fragilidades identificadas na gestão de emergências no TGL do Porto de Aveiro, nomeadamente a ausência de estruturas formais de coordenação e comunicação. Apresenta as propostas estratégicas desenvolvidas, com destaque para a criação de uma central integrada de monitorização e de uma unidade de gestão de emergência portuária, e aponta

perspetivas futuras orientadas para a resiliência, inovação tecnológica e adaptação às alterações climáticas.

**Bibliografia** – Reúne todas as fontes e referências bibliográficas utilizadas ao longo da dissertação.



## Capítulo II – Revisão de Literatura

### 1. Análise Crítica de Estudos Relevantes na Área

A revisão de estudos anteriores é essencial para compreender o estado atual do conhecimento sobre a gestão de emergências em infraestruturas portuárias, especialmente em contextos envolvendo empresas Seveso e terminais químicos. Neste capítulo, analisam-se trabalhos que abordam a Gestão de Emergências, a Análise e Gestão de Riscos, o Efeito Dominó e dados do Porto de Roterdão como exemplo a seguir pelas boas práticas implementadas.

#### 1.1 Lacunas e Oportunidades Identificadas no Estudo

A análise crítica dos estudos anteriores revelou algumas lacunas importantes:

- a) Há uma carência de estudos focados na interação entre riscos químicos e climáticos em terminais portuários.
- b) Poucos trabalhos aplicam modelos de análise de efeito dominó especificamente em contextos portuários.
- c) A implementação prática da Diretiva Seveso em portos de médio porte ainda não é muito documentada.

Estas lacunas reforçam a relevância do presente estudo, que procura explorar a gestão de emergências no terminal químico do Porto de Aveiro, analisando riscos complexos e propondo soluções integradas.

### 2. Estado da Arte - Plano de Emergência Externo de Ílhavo (PEEI)

#### 2.1 Caracterização e Estrutura do PEEI

O Plano de Emergência Externo de Ílhavo (PEEI), aprovado em 2010 e revisto em 2016, constitui o principal instrumento de resposta a acidentes industriais graves no município de Ílhavo, com especial destaque para os riscos tecnológicos abrangidos pela Diretiva Seveso III. A sua elaboração, conduzida pela Câmara Municipal em articulação com as

autoridades de proteção civil e os operadores industriais, visa garantir uma resposta coordenada e eficaz perante situações de emergência envolvendo matérias perigosas.

Dada a proximidade entre o município e o terminal químico do Porto de Aveiro, onde se encontram várias empresas classificadas como Seveso de categoria superior, o PEEI, assume uma importância estratégica na gestão do risco portuário-industrial.

O plano estabelece a coordenação entre entidades municipais, a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), os corpos de bombeiros e os operadores industriais, definindo responsabilidades, estrutura de comando e controlo, procedimentos operacionais, tipificação de riscos, comunicação pública e fases de reabilitação. Inclui ainda os elementos estruturais legalmente exigidos, como os cenários de risco, a descrição dos agentes de proteção civil envolvidos e os mecanismos de atuação para mitigação de consequências.

## **2.2 Limitações do PEEI face à Complexidade Portuária e Efeito Dominó**

Apesar do seu enquadramento formal e abrangente, numa análise mais aprofundada, o plano revela lacunas significativas, sobretudo no que se refere à operacionalização da resposta em contextos de elevada complexidade e risco. A comunicação com a população, por exemplo, está genericamente prevista através de meios tradicionais, como os órgãos de comunicação social e estruturas municipais. No entanto, não são especificados mecanismos concretos de aviso à população em caso de acidente químico, como sirenes industriais, sistemas de alerta por SMS bilíngue ou plataformas digitais, já implementados noutras regiões da Europa que se encontram sujeitas a riscos semelhantes.

Também os procedimentos de evacuação carecem de maior detalhe. O plano não apresenta rotas de evacuação pré-estabelecidas nem identifica Zonas de Concentração e Apoio à População (ZCAP) adaptadas a diferentes cenários de acidente, o que pode comprometer a eficácia da resposta em situações que exigem decisões rápidas e coordenadas, nomeadamente perante a libertação de matérias tóxicas ou inflamáveis.

Para além destes, o plano não contempla uma análise explícita do risco de efeito dominó, isto é, a possibilidade de um acidente inicial desencadear falhas sucessivas noutras instalações industriais próximas, aumentando exponencialmente os riscos e as áreas

afetadas por estes tipos de eventos. Esta lacuna é muito relevante no contexto do Porto de Aveiro, onde se verifica uma elevada concentração de infraestruturas industriais perigosas em áreas contíguas.

Outra limitação reside na ausência de mecanismos sistemáticos de treino e avaliação. Não está prevista a realização periódica de exercícios simulados com o envolvimento da população, nem a avaliação contínua da eficácia dos dispositivos de resposta definidos. Esta omissão, fragiliza a preparação real da comunidade e das entidades intervenientes.

Assim, embora o PEE de Ílhavo seja um documento formalmente estruturado e alinhado com os requisitos legais, apresenta deficiências relevantes no que diz respeito à preparação prática, à comunicação com a população e à gestão de cenários de elevada complexidade, como os que envolvem acidentes com efeito dominó. Estas fragilidades justificam a formulação de propostas concretas de reforço, abordadas em detalhe no capítulo VI, Recomendações e Perspetivas Futuras.

### **3. Estado da Arte na Gestão de Emergências**

#### **3.1 Definições Fundamentais**

A gestão de emergências é definida como o conjunto de ações coordenadas, destinadas a minimizar os impactos de desastres, protegendo vidas, infraestrutura e o meio ambiente (Alexander, 2022). No caso de estudo, esta gestão torna-se particularmente relevante devido ao envolvimento de matérias perigosas, exigindo um planeamento rigoroso que contemple a prevenção de incidentes e a mitigação dos seus efeitos.

Por outro lado, a gestão de emergências é uma área multidisciplinar que combina teorias de risco, segurança industrial e práticas operacionais, para mitigar impactos de eventos adversos (Matos F. , 2014).

Este conceito divide-se em três aspetos principais (Unctad, 2018).

- a) Teorias de Risco e Segurança Industrial;**
- b) Práticas de Gestão de Emergências em Portos com Empresas Seveso;**
- c) Importância da Integração de Sistemas e Equipas Externas.**

- a) **Teorias de Risco e Segurança Industrial:** As teorias de risco baseiam-se em identificar, avaliar e mitigar potenciais ameaças. Em ambientes industriais, como os portos, estas teorias concentram-se em dois pilares fundamentais (A. Boin & McConnell, 2007):
- i. **Prevenção de Riscos:** Inclui a adoção de sistemas de gestão de segurança que minimizam a probabilidade de acidentes;
  - ii. **Análise de Cenários:** Utiliza modelagem de riscos para prever impactos de eventos, como explosões ou libertação de matérias tóxicas, e as suas interdependências.
- b) **Práticas de Gestão de Emergências em Portos com Empresas Seveso:** Os Portos e instalações Seveso adotam práticas específicas, como:
- i. **Planos de Contingência:** Documentos que descrevem as etapas, para a resposta a emergências;
  - ii. **Treino de Equipas:** Exercícios regulares envolvendo todos os *stakeholders*<sup>3</sup>, incluindo equipas internas e externas;
  - iii. **Investimento em Tecnologia:** Sistema de deteção precoce, como sensores de pressão e de fugas ou monitorização de temperaturas (Reason, 1997).
- c) **Importância da Integração dos Sistemas e Equipas Externas:** A eficiência na resposta a emergências depende de (Turner, 1997):
- i. **Integração Tecnológica:** Plataformas de comunicação que centralizam informações em tempo real;
  - ii. **Colaboração Interinstitucional:** Parcerias entre administrações portuárias, bombeiros, proteção civil e empresas;
  - iii. **Envolvimento Comunitário:** Envolver a população na compreensão dos riscos e dos planos de evacuação (Hollnagel & Woods, 2006).

---

<sup>3</sup> *Stakeholders* - são partes interessadas numa organização, projeto ou iniciativa que têm influência direta ou indireta sobre ela, ou que são afetadas pelas suas ações e decisões (Exame, 2024).

Em suma, sabendo da importância estratégica para a economia portuguesa do Porto de Aveiro, verificamos também que em termos de segurança e sustentabilidade representa um desafio arrojado e significativo. A análise dos riscos e das práticas de gestão de emergências revela a necessidade urgente de modernizações, como a implementação de sistemas de resposta automatizados, o reforço da colaboração interinstitucional e o aumento do compromisso comunitário (Paton, 2006). A evolução destas práticas será essencial para mitigar os riscos e garantir a continuidade das operações portuárias com segurança e eficiência.

### **3.2 Conceitos-Chave na Gestão de Emergências**

A gestão de emergências em ambientes complexos, exige uma compreensão detalhada de conceitos fundamentais que orientam a prevenção, preparação, resposta e recuperação, diante de situações críticas.

Neste subcapítulo, são apresentados e discutidos os principais conceitos relacionados com o tema, destacando a sua aplicação prática no contexto portuário.

O estudo *“Port Emergency Management: Best Practices and Challenges”* (Verhoeven, 2017), destaca as melhores práticas em gestão de emergências em portos europeus. O autor identifica a coordenação interinstitucional como um dos principais desafios, especialmente em portos com várias instalações Seveso. Embora o trabalho apresente estudos de caso relevantes, não aborda diretamente as especificidades do terminal químico de Aveiro.

### **3.3 Gestão de Emergência em Portos: Desafios e Práticas**

Sabendo que estas infraestruturas, desempenham um papel vital no comércio global e na economia regional, os mesmos estão expostos a vários riscos, desde acidentes com matérias perigosas, incêndios e até riscos naturais. Neste contexto, o gestor de emergência assume um papel estratégico, ao encetar esforços para planejar, prevenir e responder a incidentes de forma eficiente e coordenada. Nas unidades portuárias, a gestão de emergência requer competências específicas para lidar com a complexidade das operações e a multiplicidade dos *stakeholders*.

Por outro lado, esta gestão deve ser assente em competências que integre conhecimentos técnicos, logísticos e estratégicos para lidar com os diversos riscos.

Esta gestão é composta por quatro etapas principais:

**a) Prevenção:**

- i. Monitorização contínua das condições do porto por meio de sensores e sistemas de alerta;
- ii. Inspeção regular de equipamentos e infraestruturas críticas;
- iii. Políticas de consciencialização, para trabalhadores e operadores sobre boas práticas de segurança;
- iv. Informação às comunidades sobre os riscos presentes e quais os procedimentos a adotar em caso de emergência.

**b) Preparação:**

- i. Elaboração de planos de contingência que detalhem as ações específicas para diferentes cenários de emergência;
- ii. Simulações regulares de incidentes, envolvendo as partes interessadas no processo de resposta;
- iii. Investimento em tecnologias de ponta, como sistemas *"Internet of Things"* (IoT<sup>4</sup>), para melhorar a monitorização em tempo real.

**c) Resposta:**

- i. Implementação de um sistema de comando e controlo, que centralize as decisões e a comunicação durante as emergências;
- ii. Mobilização rápida de recursos, como as equipas de emergência, veículos especializados e equipamentos de contenção de fugas;
- iii. Comunicação eficaz com a comunidade e com as partes envolvidas para minimizar o pânico e a desinformação.

---

<sup>4</sup> IoT- é um conceito que se refere à interconexão digital de objetos cotidianos com a internet conexão dos objetos mais do que das pessoas (Microsoft, 2025).

#### **d) Recuperação**

- i. Avaliação dos danos e a implementação de estratégias para restaurar as operações portuárias;
- ii. Revisão dos planos de emergência com base nas lições aprendidas durante os incidentes;
- iii. Reforço das infraestruturas e dos protocolos para evitar novas ocorrências.

### **3.4 Papel do Gestor de Emergências: Funções e Responsabilidades**

O gestor de emergência é o profissional responsável por liderar a preparação, resposta, mitigação e recuperação de incidentes.

No contexto portuário, este papel inclui:

- a) Planeamento preventivo:** Desenvolvimento de planos de emergência que considerem cenários específicos, como derrame de matérias químicas, incêndios, explosões, tempestades, ciberataques e a reposição da normalidade;
- b) Coordenação interinstitucional:** Garantir a colaboração entre as diferentes entidades, incluindo os operadores portuários, autoridades locais, empresas e serviços de emergência;
- c) Capacitação e treino:** Promover a formação contínua das equipas envolvidas em operações críticas e a criação de cenários simulados entre todos os intervenientes no processo;
- d) Análise dos riscos:** Identificar vulnerabilidades e implementar medidas de mitigação, utilizando ferramentas como análises de riscos, segurança ocupacional e avaliações dos impactos ambientais (Paton, 2006).

Em portos com atividades classificadas pela Diretiva Seveso III, como o Porto de Aveiro, o gestor de emergência deve adotar abordagens que equilibrem eficiência operacional e segurança, sempre em conformidade com a regulamentação europeia (EEA., 2018).

### 3.5 Desafios e Soluções na Gestão de Emergências

A gestão de emergência enfrenta uma série de desafios que dificultam a resposta rápida e eficaz às crises.

#### **Desafios:**

- a) **Complexidade operacional:** A diversidade de cargas e a movimentação contínua de pessoas e mercadorias aumentam a dificuldade na coordenação;
- b) **Interdependência de sistemas:** Falhas num componente ou sistema, como as redes de comunicação e ou sistemas de deteção, podem desencadear problemas em cascata;
- c) **Envolvimento dos *stakeholders*:** Garantir o alinhamento e a cooperação entre as diferentes entidades nem sempre é uma tarefa simples.

#### **Soluções:**

- a) **Implementação de sistemas integrados de monitorização**, como os adotados no porto de Roterdão;
- b) **Criação de plataformas colaborativas para planeamento**, alerta e resposta conjunta;
- c) **Formação de equipas especializadas e multidisciplinares**, com foco na gestão de emergências portuárias (Hollnagel & Woods, 2006).

Em suma, o gestor de emergência desempenha um papel fundamental na garantia da segurança e da resiliência nas unidades portuárias, integrando conhecimentos técnicos, capacidades de liderança e coordenação estratégica. A gestão de emergência em portos não é só uma atividade exigida por regulamentos, é também um requisito para proteger vidas, reduzir impactos ambientais e manter a continuidade das operações.

Investir em sistemas avançados, treino e cooperação interinstitucional é fundamental para enfrentar os desafios emergentes e assegurar o futuro sustentável destas infraestruturas (Unctad, 2018).

## 4. Estado da Arte na Gestão de Riscos em Ambientes Portuários

### 4.1 Conceitos e Estratégias em Gestão de Riscos

A gestão de riscos envolve a identificação, avaliação e controlo de potenciais perigos, utilizando metodologias como a Análise Preliminar de Perigos (APP) e a Análise de Consequências (AC). Estas ferramentas são fundamentais para prever cenários de efeito dominó e planear medidas de mitigação em áreas industriais complexas (Kletz, 1999).

#### 4.1.1 Análise Preliminar de Perigos (APP)

A Análise Preliminar de Perigos é uma metodologia que visa identificar, avaliar e controlar os riscos potenciais de um determinado processo, atividade ou ambiente. Este processo deve ser elaborado no início de um projeto ou operação para detetar falhas ou perigos que possam comprometer a segurança ou a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente. A APP é de vital importância em contextos como portos e instalações industriais, onde o risco de acidentes é elevado devido à complexidade das operações (Silva J. A., 2020).

A análise é geralmente feita por uma equipa multidisciplinar que avalia as condições das operações, identificando perigos como incêndios, derrames de produtos químicos, quedas de cargas, entre outros (Costa, 2019). A APP permite antecipar riscos e implementar ações corretivas para prevenir acidentes antes de eles ocorrerem (Jones, 2018).

#### Principais etapas da APP:

- a) Identificação dos perigos;
- b) Avaliação dos riscos associados aos perigos identificados;
- c) Proposta de medidas preventivas e corretivas;

#### 4.1.2 Análise de Consequências (AC)

A Análise de Consequências é uma ferramenta usada para avaliar os possíveis impactos de um evento perigoso que tenha sido identificado na APP. Enquanto a APP se foca na prevenção, a AC concentra-se nas consequências que poderiam surgir caso o evento (do risco) acontecesse (Jones, 2018). Esta análise é importante para estimar potenciais danos a

peças, meio ambiente e às infraestruturas. Em ambientes de alto risco, como os portuários e instalações Seveso, onde o armazenamento e o processamento de matérias perigosas são comuns, a AC é essencial para garantir que as medidas de resposta e mitigação sejam adequadas (Ambiente A. E., 2017).

A AC envolve simular cenários de acidentes e estimar os efeitos desses eventos, como a fuga e propagação de matérias tóxicas, explosões ou incêndios, e quais as suas consequências nas pessoas, no ambiente e nas operações (Silva J. A., 2020). Esta análise também ajuda a planear respostas de emergência e definir zonas de segurança (Costa R. M., 2019).

#### **Principais etapas da AC:**

- a) Definição do cenário de risco;
- b) Modelagem das possíveis consequências do evento;
- c) Avaliação da gravidade das consequências e das áreas afetadas;
- d) Proposta de medidas de mitigação ou resposta.

#### **4.2 Gestão de Riscos em Infraestruturas Portuárias**

Em ambientes portuários e empresas Seveso a gestão de riscos (ISO, 2018) é ainda mais crítica devido à alta concentração de matérias perigosas e à complexidade das operações. A APP e a AC ajudam a garantir que esses riscos, sejam devidamente geridos, minimizando as probabilidades de ocorrência de acidentes graves e as suas consequências.

- a) **Nos Portos:** O manuseamento de mercadorias perigosas, armazenamento de combustíveis, produtos químicos e as operações de carga e descarga exigem sistemas rigorosos de segurança. A APP identifica os riscos potenciais, enquanto a AC avalia as consequências, garantindo que as operações possam ser realizadas de forma segura.
- b) **Nas Empresas Seveso:** Estas empresas devem seguir normas rígidas para evitar acidentes com matérias perigosas. A APP e a AC são parte integrante da gestão

de segurança, sendo essenciais para a conformidade com a legislação e para a proteção de pessoas e do ambiente.

Estudos recentes destacam a importância da gestão de riscos neste tipo de infraestruturas. Em *“Ports as Critical Infrastructure”* (Notteboom, 2020), os autores examinam os desafios associados ao aumento da complexidade logística e à crescente dependência de tecnologias avançadas. O estudo enfatiza a necessidade de medidas de segurança mais rigorosas, especialmente em terminais especializados no transporte de matérias perigosas. Embora o trabalho apresente uma visão geral abrangente, não aborda especificamente os riscos associados ao efeito dominó.

### **4.3 Infraestruturas Críticas e Gestão de Riscos**

As infraestruturas críticas, são definidas como sistemas e ativos cuja interrupção comprometeria severamente a segurança pública, económica ou ambiental (Directive 2008/114/EC). O terminal químico do Porto de Aveiro é classificado como uma infraestrutura crítica devido ao transporte e armazenamento de matérias inflamáveis e tóxicas. As suas operações requerem altos padrões de segurança e gestão integrada de riscos.

### **4.4 Riscos Tecnológicos e Químicos em Portos**

Os riscos tecnológicos, associados ao uso de tecnologias avançadas em operações industriais, e os riscos químicos, relacionados com o processamento de matérias perigosas, representam os maiores desafios no terminal químico do Porto de Aveiro.

Estudos indicam que a avaliação desses riscos deve considerar tanto a probabilidade de ocorrência quanto a severidade das consequências (Hollnagel, 2004).

### **4.5 Diretiva Seveso e a sua Aplicabilidade**

A Diretiva Seveso é uma lei regulatória europeia, voltada para a prevenção de acidentes graves que envolvam matérias perigosas. Originalmente produzida em 1982, a diretiva estabelece normas rigorosas para a avaliação de riscos e a implementação de medidas de segurança em instalações industriais. No caso do Porto de Aveiro, as sete empresas classificadas como Seveso de categoria superior representam um desafio significativo na

gestão de riscos, especialmente no que diz respeito à interação entre as suas operações (Republica, 2017).

O relatório Seveso “*Directive: Challenges in Implementation*” (EEA., 2018), avalia a aplicação da Diretiva Seveso em diferentes setores industriais, incluindo os portos. O documento aponta a necessidade de uma abordagem integrada para a gestão de emergências, enfatizando a importância de simulações regulares e da colaboração entre empresas e autoridades locais. No entanto, há poucos exemplos concretos de implementação em portos de médio porte, como o de Aveiro.

#### **4.6 Mudanças Climáticas e Impactos nos Riscos Portuários**

O aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como tempestades e inundações, aumenta a complexidade da gestão de emergências em terminais químicos. Estes eventos podem comprometer a integridade das instalações e dificultar a resposta a emergências, como demonstrado por estudos recentes sobre vulnerabilidade climática em áreas costeiras (IPCC, 2019), não sendo objetivo deste estudo aprofundar este tema.

#### **4.7 Impactos das Mudanças Climáticas na Segurança Portuária**

Em “*Climate Change and Industrial Risks*” (IPCC, 2019), os autores exploram como os eventos climáticos extremos podem aumentar os riscos em áreas industriais. O estudo é particularmente relevante para o Porto de Aveiro, considerando a sua localização costeira e a crescente incidência de tempestades e marés altas. Embora abrangente, o relatório não aborda em profundidade a interação entre riscos tecnológicos e climáticos.

Em suma; o estado da arte na gestão de riscos em ambientes portuários revela uma série de desafios complexos e interdependentes que exigem abordagens sofisticadas e integradas. A análise e gestão de riscos, através de metodologias como a Análise Preliminar de Perigos e a Análise de Consequências, são fundamentais para antecipar e mitigar os potenciais impactos em Infraestruturas críticas, como o terminal químico do Porto de Aveiro. A crescente complexidade logística, o uso de tecnologias avançadas e os riscos associados ao transporte e armazenamento de matérias perigosas tornam a gestão de riscos ainda mais desafiadora. Além disso, a Diretiva Seveso e as mudanças climáticas representam fatores adicionais que devem ser considerados no planeamento e nas medidas de segurança.

Embora haja uma sólida base de estudos e diretrizes, a implementação prática dessas soluções em portos de médio porte, ainda apresenta lacunas, especialmente no que tange à interação entre os diferentes tipos de risco.

O aumento da frequência de eventos climáticos extremos só reforça a necessidade de uma abordagem mais integrada e adaptativa, que contemple não apenas os riscos tecnológicos e químicos, mas também os riscos naturais. Portanto, a gestão eficaz de riscos no contexto portuário depende de uma constante evolução das práticas e da colaboração entre os diversos *stakeholders*, com o objetivo de garantir a segurança e a resiliência dessas Infraestruturas críticas frente aos desafios contemporâneos.

## **5. Estado da Arte do Efeito Dominó**

### **5.1 Efeito Dominó e Suas Implicações nas Empresas Seveso**

O efeito dominó é a ocorrência de eventos em cascata, onde um acidente numa instalação industrial desencadeia incidentes nas instalações próximas, aumentando os danos e consequências (Industry, 2018). Segundo o relatório estudado, este fenómeno é particularmente perigoso nas áreas onde várias empresas Seveso estão implementadas próximas umas das outras, como no caso do Porto de Aveiro. A proximidade das instalações e a ausência de barreiras físicas adequadas aumentam a probabilidade de incidentes em cadeia, colocando em risco a segurança ambiental, pública e económica (HSE, 2020). O risco do efeito dominó é um desafio crítico na gestão de segurança em zonas industriais, exigindo análises cuidadas e abordagens de mitigação adaptadas às características específicas de cada local.

### **5.2 O Efeito Dominó em Ambientes Portuários**

Na obra “*Quantitative Assessment of Domino Effect Risk*” (Cozzani, 2014), os autores apresentam uma metodologia inovadora para avaliar quantitativamente os riscos do efeito dominó em ambientes industriais. Esta abordagem inclui modelos que consideram a interação entre instalações próximas e a probabilidade de falhas encadeadas, com o intuito de prever cenários de múltiplos acidentes.

A pesquisa evidencia a importância da análise ser interdependente entre as instalações, sugerindo que a proximidade e a interconexão das operações elevam o risco de acidentes

múltiplos, com danos significativos tanto para as instalações afetadas como para as áreas circundantes. No entanto, a aplicação desses modelos em áreas portuárias, como o Porto de Aveiro, ainda apresenta limitações, uma vez que a maioria dos estudos se concentra em instalações industriais de grande porte, sem considerar as particularidades e vulnerabilidades dos portos de médio porte.

Estudos como o de (Blandford, 2017), apontam que a análise do efeito dominó deve ser melhorada para incluir fatores adicionais, como a variabilidade climática, riscos naturais e a interação com os *stakeholders* locais. Estas variáveis podem ter um impacto direto na propagação de incidentes e na eficácia das medidas de mitigação. A literatura ainda está pouco trabalhada, no que diz respeito a estratégias adaptadas especificamente para portos, uma vez que muitos estudos se limitam a áreas industriais de grande escala, deixando lacunas no entendimento da dinâmica de risco em zonas portuárias (Notteboom, 2020).

O relatório Seveso (EEA., 2018), também enfatiza a importância de considerar os efeitos dominó na avaliação de riscos, especialmente em áreas com múltiplas instalações que lidam com matérias perigosas. O relatório sugere que as práticas de segurança em portos devem incluir simulações mais frequentes de cenários de risco múltiplo, envolvendo empresas e autoridades locais em treinamentos conjuntos, para fortalecer a resposta a emergências e garantir a eficácia das barreiras preventivas.

## 6. O Exemplo do Porto de Roterdão

A gestão de emergências em portos desempenha um papel crucial na segurança marítima global, considerando o aumento do tráfego internacional e a complexidade das operações portuárias. Os portos um pouco por todo o mundo enfrentam uma ampla variedade de riscos, incluindo incêndios, derrames de produtos químicos, ciberataques, alterações climáticas e acidentes com matérias perigosas. Por estas razões, a implementação de sistemas robustos de monitorização, deteção, resposta rápida e alerta à população é indispensável para minimizar impactos ambientais, humanos e económicos. Nos principais portos internacionais, como os de Singapura, Hong Kong, Los Angeles e Roterdão, a gestão de emergências é apoiada em tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, sistemas de vigilância em tempo real e análise preditiva.

Além disso, a colaboração entre as autoridades portuárias, organizações governamentais e privadas e as comunidades locais é um elemento-chave para garantir respostas coordenadas e eficazes.

### 6.1 Melhores Práticas no Porto de Roterdão

Os portos modernos um pouco por todo o mundo têm investido muito em tecnologia e infraestrutura para garantir a segurança e eficiência nas suas operações. Os melhores exemplos, incluem o Porto de Roterdão, o Porto de Singapura e o Porto de Hamburgo, que se destacam pela implementação de sistemas avançados de monitorização e resposta a emergências, bem como o uso de tecnologias inovadoras para gerir riscos e coordenar ações de forma eficiente e eficaz. Cada um destes portos adota soluções tecnológicas específicas, refletindo o compromisso com a segurança e a excelência operacional (A. Boin & McConnell, 2007).

- a) **O Porto de Roterdão**, que é considerado um dos mais seguros do mundo, possui sistemas avançados de monitorização ambiental e plataformas de resposta a emergências integradas;
- b) **O Porto de Singapura**, investe continuamente em tecnologia de ponta, como sensores IoT e inteligência artificial, para gerir riscos em tempo real.
- c) **O Porto de Hamburgo**, possui um Centro de Comando Integrado (CCI) que centraliza informações e coordena ações de resposta, com base em dados precisos e atualizados.

### 6.2 Gestão de Emergências em Roterdão: Estratégias e Respostas

O Porto de Roterdão destaca-se como um dos líderes mundiais em segurança e gestão de emergências. Reconhecido como o maior porto da Europa e um dos mais movimentados do mundo, possui uma infraestrutura avançada que integra sistemas de monitorização contínua, tecnologias de Internet (IoT - Internet of Things) e uma plataforma centralizada para análise de dados em tempo real. O porto não valoriza apenas a proteção das suas operações internas, como também estabelece mecanismos eficazes para alertar e proteger as comunidades circundantes em caso de incidentes que possam extrapolar os seus limites.

Localizado nos Países Baixos, é um dos maiores e mais movimentados portos marítimos do mundo e desempenha um papel vital no comércio internacional, servindo como porta de entrada para a Europa de uma infindável quantidade de matérias-primas e outras mercadorias. Devido às suas vastas Infraestruturas e ao elevado volume de tráfego marítimo, a segurança operacional é uma prioridade constante para os gestores deste porto. Na complexidade das suas operações, o porto enfrenta inúmeros desafios no que concerne à gestão de emergências, incluindo riscos relacionados com acidentes químicos, biológicos, incêndios, derrames de petróleo, cibersegurança, entre outros.

Em 24 de junho de 2018, o porto sofreu um acidente, que os obrigou a adotar medidas de melhoria nos sistemas de segurança; quando o navio-cargueiro "*Bow Jubail*" colidiu com o cais durante a acostagem, resultando na rutura do seu casco e no derrame de aproximadamente 220 toneladas de petróleo, combustível pesado nas águas portuárias. Este acidente causou impactos ambientais consideráveis, afetando a fauna local e exigindo operações de limpeza que demoraram semanas (Globo, 2018).

Em resposta a este e a outros incidentes, as autoridades portuárias implementaram uma série de medidas para reforçar a segurança e prevenir futuros acidentes. Tendo adicionalmente, o porto intensificado a realização de exercícios regulares de simulação de emergências, como derrames de petróleo e incêndios, para testar a prontidão das equipas de resposta e a eficácia dos protocolos estabelecidos. A colaboração com empresas especializadas e a adoção de tecnologias avançadas, como drones para inspeções e a fixação de sensores inteligentes para a monitorização ambiental, melhorou a capacidade de resposta a incidentes.

Estas medidas refletem o compromisso contínuo do Porto de Roterdão em melhorar as suas práticas de segurança, minimizando os riscos operacionais e mitigando os impactos ambientais, consolidando a sua posição como um porto resiliente e inovador no cenário global.

### **6.3 Prevenção de Riscos e Desafios no Porto de Roterdão**

O Porto de Roterdão adota uma abordagem proactiva para a prevenção de incidentes, investindo muito em tecnologias avançadas e infraestrutura. Um exemplo notável é o uso de sistemas de monitorização em tempo real que permite a deteção precoce de falhas,

como fugas de matérias perigosas ou a movimentação suspeita de embarcações (Van Leeuwen, 2020). Além disso, o porto tem padrões rigorosos de segurança baseados na diretiva SEVESO, devido à presença de instalações industriais de alto risco, que incluem armazenamento de produtos químicos e combustíveis. Uma das características que distingue o Porto de Roterdão é a forte integração entre diferentes entidades responsáveis pela resposta a emergências. A Autoridade Portuária de Roterdão tem protocolos com os bombeiros, a polícia e organizações de resposta rápida, garantindo uma abordagem holística e eficiente (Jonkman, 2018).

#### **6.4 Inovação Tecnológica na Gestão de Emergências e Riscos Portuários**

Este porto é pioneiro no uso de tecnologias digitais, como drones e sensores inteligentes, para inspeções e gestão de emergências (Authority, 2021). Os drones são utilizados para rastrear e mapear áreas afetadas durante possíveis emergências, enquanto os sensores monitorizam parâmetros críticos, como temperatura e concentração de gases tóxicos em zonas industriais. Por outro lado, a resiliência do Porto de Roterdão é construída com base na sua capacidade de recuperar rapidamente as suas operações após incidentes. Isto é alcançado através de investimentos em Infraestruturas resilientes, planos de contingência detalhados e treino contínuo das equipas de resposta. Um exemplo é o programa de recuperação de derrames de petróleo, que utiliza barreiras flutuantes e navios especializados para mitigar os impactos ambientais (Meeuwissen M. e., 2019).

#### **6.5 Sistema de Monitorização e Alerta de Emergências em Roterdão**

O Porto é reconhecido mundialmente pela sua eficiência e inovação, e utiliza um dos sistemas mais avançados de monitorização e alerta de emergências. Este sistema desempenha um papel crucial na prevenção, deteção e resposta rápida a incidentes, sendo um modelo de referência para outros portos. Este sistema baseia-se numa vasta rede de sensores inteligentes distribuídos estrategicamente por todas as Infraestruturas portuárias. Estes sensores captam dados em tempo real sobre variáveis críticas, como a qualidade do ar, temperaturas extremas, níveis de radiação e possíveis fugas de matérias perigosas.

Além disso, são utilizados sistemas de radar para rastreio contínuo do tráfego marítimo, prevenindo colisões e incidentes ambientais (Authority, 2021). O cérebro do sistema é uma plataforma digital centralizada que integra e analisa os dados captados pelos sensores.

Através de inteligência artificial (IA), a plataforma identifica padrões de risco e emite alertas automáticos quando os parâmetros ultrapassam os níveis predefinidos. Esta integração permite a deteção precoce de acidentes e também a previsão de possíveis cenários de emergência, aumentando a capacidade de resposta antecipada (Van Leeuwen T., 2020).

### **6.6 Sistemas de Alerta à População e a sua Abordagens**

Os alertas gerados pelo sistema são distribuídos imediatamente pelas autoridades portuárias, serviços de emergência e empresas que operam dentro do porto. A comunicação é feita por meio de múltiplas plataformas, incluindo aplicações móveis, painéis de controlo e mensagens de texto. Esta redundância garante que nenhuma mensagem crítica seja perdida, independentemente das circunstâncias (Meeuwissen M. e., 2019). Para garantir a eficácia do sistema, o Porto de Roterdão realiza simulacros regulares de emergências, contemplando derrames de petróleo, explosões e incêndios em armazéns químicos. Estes exercícios permitem testar a precisão dos sensores, a velocidade dos alertas e a coordenação entre as equipas de resposta.

As lições aprendidas com estes testes são usadas para melhorar continuamente o sistema (Meeuwissen M. e., 2019). O sistema de monitorização e alerta do Porto, tem contribuído significativamente para a redução do tempo de resposta em emergências e para a mitigação de danos ambientais. Por exemplo, em 2021, um derrame químico foi identificado e contido em menos de 30 minutos graças à deteção precoce pelos sensores e à ativação imediata das equipas de emergência (Authority, 2021).

Além disso, o sistema promove operações mais sustentáveis, minimizando os impactos de acidentes na comunidade e no meio ambiente. O sistema de monitorização e alerta de emergências do Porto de Roterdão é um exemplo de como a tecnologia pode transformar a gestão de riscos em grandes Infraestruturas, ao combinar sensores inteligentes, análise de dados em tempo real e comunicação eficiente, assim o porto estabelece um novo padrão em segurança e resiliência. Este modelo pode ser adaptado e aplicado noutros contextos, contribuindo para a segurança global em operações portuárias.

## 6.7 Monitorização Inteligente e IoT: Papel dos Sensores na Gestão Portuária

Em 2019, a Autoridade Portuária de Roterdão lançou uma plataforma de IoT que utiliza uma extensa rede de sensores para fornecer dados precisos e atualizados sobre condições hidrográficas e meteorológicas. Esta infraestrutura permite o planeamento e gestão eficientes da navegação, melhorando a segurança no porto (Moderna, 2018).

Os sensores instalados monitorizam parâmetros como a altura da maré, correntes, salinidade, velocidade e direção do vento, e visibilidade. Combinando os dados de 44 sensores distribuídos pelo porto, o sistema oferece informações muito precisas que auxiliam na tomada de decisões críticas (Moderna, 2018).

A plataforma baseada na nuvem processa aproximadamente 1,2 milhão de dados diariamente, permitindo análises em tempo real. A utilização de tecnologias como computação descentralizada, inteligência artificial e *blockchain*<sup>5</sup> que oferece uma base segura e confiável para inovações rápidas, melhorando processos críticos e serviços aos clientes. O sistema é utilizado por diversas entidades, incluindo o Serviço de pilotagem, o *Rijkswaterstaat*<sup>6</sup>, e vários departamentos da Autoridade Portuária. O uso de padrões globais e abertos facilita a conexão de entidades externas, permitindo acesso a dados em tempo real e promovendo uma colaboração eficaz na gestão de emergências. Outro aspeto fundamental da gestão de emergências no Porto de Roterdão é a sua colaboração com universidades, institutos de pesquisa e com outros portos a nível mundial. A troca de conhecimento e experiências permite a adoção de práticas inovadoras e a melhoria contínua dos sistemas de segurança (Van der Voort, 2022).

## 6.8 Sistemas de Alerta e Comunicação em Situações de Emergência

Em situações de emergência que possam impactar as comunidades circundantes, o Porto de Roterdão coordena-se com as autoridades locais e nacionais para emitir alertas à população.

---

<sup>5</sup> A tecnologia *blockchain* é um mecanismo de banco de dados avançado que permite o compartilhar transparente de informações na rede de uma empresa. Um banco de dados *blockchain* armazena dados em blocos interligados numa cadeia.

<sup>6</sup> *Rijkswaterstaat - Ministry of Infrastructure and Water Management Belgium*

Os métodos de comunicação incluem (A2S, 2024):

- a) **Sirenes de Alerta:** Instaladas em áreas estratégicas, as sirenes são ativadas para alertar os residentes sobre emergências iminentes, como incêndios industriais ou fugas de matérias perigosas.
- b) **Mensagens de Texto (SMS):** Em colaboração com as operadoras de telecomunicações, são enviadas mensagens de texto georreferenciadas para os dispositivos móveis das pessoas presentes nas áreas afetadas, fornecendo instruções específicas sobre como proceder.
- c) **Aplicações Móveis e Redes Sociais:** As autoridades utilizam aplicativos dedicados e plataformas de redes sociais para disseminar informações em tempo real, alcançando um amplo público-alvo, de forma rápida e eficaz.
- d) **Meios de Comunicação Tradicionais:** Rádio e televisão são utilizados para transmitir alertas e fornecer atualizações contínuas durante situações de emergência.

### 6.9 Integração das Autoridades Locais na Resposta a Emergências Portuárias

A Autoridade Portuária de Roterdão trabalha em estreita colaboração com as autoridades locais e outras entidades relevantes para garantir que os alertas sejam emitidos de maneira coordenada e eficiente. Esta cooperação assegura que as mensagens sejam claras, consistentes e contenham as informações necessárias para a proteção da população.

Além disso, há um planeamento conjunto entre a Autoridade Portuária, a Proteção Civil, os serviços de emergência e as administrações municipais, garantindo que todas as partes envolvidas compreendam os protocolos de resposta em caso de incidente. As reuniões periódicas entre estas entidades permitem a partilha de dados atualizados e a revisão contínua dos procedimentos, garantindo a eficácia da resposta às emergências.

A colaboração também se estende a exercícios conjuntos de preparação e resposta, incluindo simulações de evacuação, cenários de derrames químicos e incêndios industriais. Estas ações não só testam a prontidão operacional das equipas envolvidas, como também permitem identificar pontos de melhoria nos planos de contingência e comunicação de crise. Para além dos protocolos internos, o Porto de Roterdão participa em iniciativas internacionais para troca de boas práticas na gestão de emergências. A experiência

adquirida através dessas colaborações permite à autoridade portuária melhorar continuamente os seus sistemas de alerta e resposta, estabelecendo um padrão elevado de segurança e proteção para toda a região.

O sistema integrado de alerta à população e a forte articulação com as autoridades locais fazem do Porto de Roterdão um modelo de referência na gestão de riscos em grandes Infraestruturas. Esta abordagem proactiva e tecnológica contribui para a minimização dos impactos de possíveis incidentes e para a segurança das operações portuárias e das comunidades envolventes.

### **6.10 Lições e Boas Práticas do Porto de Roterdão**

O sistema de alerta à população em caso de emergência neste Porto é um exemplo robusto e inovador de como a tecnologia, o planeamento estratégico e a colaboração entre diferentes *stakeholders* pode garantir a segurança tanto das operações portuárias quanto das comunidades vizinhas. A integração de sensores inteligentes, plataformas de Internet (IoT) e a análise de dados em tempo real permite uma monitorização contínua e a identificação precoce de riscos. Este sistema multifacetado assegura que as informações críticas sejam disseminadas de forma rápida e eficaz, utilizando diversos canais de comunicação, como sirenes, SMS e aplicações móveis.

A contínua colaboração entre a Autoridade Portuária de Roterdão e as entidades de proteção civil é essencial para garantir uma resposta coordenada e eficaz em caso de emergências. Este modelo de segurança fortalece a resiliência das operações portuárias, e estabelece também um padrão de segurança que pode ser adaptado e aplicado a outras Infraestruturas críticas por todo o mundo.

O Porto de Roterdão exemplifica como a inovação tecnológica e a colaboração entre diferentes entidades pode elevar os padrões da gestão de emergências, dando *insights* valiosos para outros portos e outras Infraestruturas críticas. O seu sistema de monitorização e alerta, com base em tecnologias avançadas, coloca este porto como líder em segurança e resiliência no setor marítimo, contribuindo para a melhoria da segurança global em operações portuárias.



## Capítulo III - Contextualização do Porto de Aveiro

### 1. O Porto Comercial de Aveiro: História e Infraestruturas

#### 1.1 Evolução Histórica

O Porto de Aveiro tem as suas origens associadas ao crescimento das atividades comerciais e marítimas da região desde o século XIX. Inicialmente, o desenvolvimento do porto foi impulsionado pelas atividades piscatórias, salinas e pelo crescimento da indústria local.

Ao longo do século XX, o porto passou por um processo de modernização significativo para dar resposta à crescente demanda pelo transporte de mercadorias, destacando-se o movimento de produtos químicos e combustíveis. Estas transformações permitiram a ampliação das suas Infraestruturas e o reforço da sua importância no setor logístico.

Nos últimos anos, o Porto de Aveiro consolidou-se como um ponto estratégico na costa atlântica portuguesa, desempenhando um papel essencial no comércio internacional e no suporte à logística industrial. A criação do terminal químico representou um marco na sua evolução, possibilitando o processamento de cargas perigosas e o abastecimento de matérias-primas químicas para indústrias de alta complexidade (PORTUS, 2019).

A génese do TGL remonta a meados dos anos 2000, quando foi iniciada a construção de seis pontes-cais na margem norte do canal de navegação, três de uso público e três concessionadas a operadores privados. Esta infraestrutura foi projetada com o objetivo de servir as indústrias químicas e energéticas da região, em particular o *Cluster*<sup>7</sup> Químico de Estarreja.

Em 2006, a empresa BP Portugal celebrou um contrato de concessão para um lote de cerca de 50 000 m<sup>2</sup> no TGL, tendo investido aproximadamente 23 milhões de euros na construção de um parque de combustíveis, composto por 12 tanques e capacidade de armazenamento superior a 40 milhões de litros. Este projeto foi um passo decisivo para

---

<sup>7</sup> *Cluster* industrial ou *cluster* económico é um agrupamento geográfico de empresas, instituições e organizações interligadas que atuam num mesmo setor ou cadeia de valor, beneficiando-se mutuamente da proximidade e cooperação.

posicionar o Porto de Aveiro como plataforma de entrada e distribuição de produtos energéticos no centro de Portugal (Baptista, 2006).

A ligação do terminal à rede ferroviária nacional, através da Linha do Norte, foi concluída em 2010, permitindo uma maior fluidez no escoamento dos produtos e reforçando a vertente intermodal<sup>8</sup> do porto. Esta integração logística foi essencial para atrair novos operadores, nomeadamente no setor dos biocombustíveis, como a PRIO, que desenvolveu operações significativas a partir do terminal (APA A. d., Intermodalidade e Plataforma Logística do Porto de Aveiro, 2022).

Entre 2020 e 2024, o terminal passou por um conjunto de obras de modernização e reforço operacional, incluindo a reabilitação das pontes-cais n.º 24, 25 e 26, com um investimento total superior a 2,6 milhões de euros, cofinanciado pelo COMPETE2020. Estas melhorias incluíram a substituição de defensas, cabeços de amarração, sistemas de combate a incêndio e redes de recolha de águas contaminadas, contribuindo para o aumento da segurança e competitividade do terminal (APA A. D., 2021).

Em abril de 2024, foi realizado o primeiro transporte ferroviário de biocombustível a partir do TGL, com dois comboios da PRIO a operar entre Aveiro e Sines. Esta nova operação reforça o papel do terminal na transição energética e no transporte sustentável, reduzindo significativamente o número de camiões em circulação (APA, 2024).

Atualmente o TGL é uma infraestrutura essencial do Porto de Aveiro, equipada para receber navios com até 40 mil toneladas de porte bruto e integrada com cadeias logísticas nacionais e internacionais. A sua evolução contínua reflete o esforço de modernização e adaptação às exigências da indústria química, energética e ambiental.

## **1.2 Terminal Químico do Porto de Aveiro: Características e Operações**

Atualmente o Porto Comercial de Aveiro, localizado na Região Centro de Portugal, é uma infraestrutura de referência no panorama portuário nacional (Republica, 2017). Devido à sua localização estratégica, este porto desempenha um papel vital no apoio à economia local, regional e nacional, atendendo a indústrias locais e facilitando o comércio

---

<sup>8</sup> **Intermodal** refere-se à integração de dois ou mais modos de transporte diferentes numa mesma cadeia logística, sem manuseio direto da carga ao mudar de um modo de transporte para outro.

internacional (CIM, 2020). O porto é especializado na movimentação de diversos tipos de cargas, incluindo granéis sólidos e líquidos, cargas gerais e matérias perigosas, com destaque para produtos químicos, combustíveis e outros materiais classificados (Tropa, 2022).

No Porto de Aveiro, mais propriamente no TGL existem várias empresas classificadas como Seveso, conforme listado na tabela 1 das instalações Seveso (APA, 2025), o que significa que estas empresas lidam com matérias químicas e processos industriais, que apresentam risco elevado para a saúde pública e para o meio ambiente.

Estas empresas devem cumprir a regulamentação rigorosa, para garantir a segurança e a prevenção de acidentes graves.

Entre estas empresas, destacam-se:

- 1) **Bondalti Chemicals, S.A.** - Um dos principais *players*<sup>9</sup> no setor químico, especializada na produção de químicos essenciais para diversas indústrias, contendo também a estratégia de alugar reservatório de armazenamento de produtos químicos a outras empresas;
- 2) **Bresfor - Indústria do Formol, S.A. I** – Tanques de receção e armazenamento de Metanol e Formol, no TGL;
- 3) **Bresfor - Indústria do Formol, S.A. II** - Focada na produção de formol, uma substância chave para a produção de resinas e plásticos que se situa fora da área Administrativa do Porto de Aveiro, ligada ao TGL através de *pipeline*<sup>10</sup> à Bresfor I
- 4) **CIRES, Lda. (Companhia Industrial de Resinas Sintéticas)** - Produz resinas sintéticas utilizadas numa vasta gama de aplicações industriais;
- 5) **Prio Bio S.A. e Prio Supply, S.A.** - Ambas pertencem ao grupo PRIO e estão envolvidas no setor de biocombustíveis e derivados de petróleo, com foco em sustentabilidade e inovação;

---

<sup>9</sup> *Players*- significa jogador, mas, pensando no universo corporativo, é comum ouvirmos a expressão “grandes *Players* do mercado”, que são as referências em determinado segmento.

<sup>10</sup> *Pipeline* - é uma rede de tubos usados para transportar substâncias como petróleo, gás natural ou água, muitas vezes por longas distâncias

- 6) **Digal - Distribuição e Comércio, S.A.** - Atua na distribuição, armazenamento e transporte de produtos químicos e petroquímicos;
- 7) **RNM - Produtos Químicos, S.A. e TQA - Armazenamento de Produtos de Petróleo** - Embora não estejam identificadas na tabela 1 fornecida pela APA (Estabelecimentos (Continente) abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves), estas empresas desempenham um papel relevante nas operações do Porto de Aveiro, lidando com matérias e produtos com riscos potenciais de incêndio e impactos ambientais, estando estas instaladas neste momento no terminal, através do projeto *LIVERPOOL* (Grupo RNM, 2022), e contempladas na tabela 2.

A tabela 1 apresenta a relação dos estabelecimentos localizados no Porto de Aveiro que estão abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves, conforme definido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), enquanto a Tabela 2 apresenta-nos as empresas contempladas nos Grupos de Efeito Dominó.

*Tabela 1 - Estabelecimentos (Continente) abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves - Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)*

<b>Operador</b>	<b>Código APA</b>	<b>Enquadramento</b>	<b>Fase</b>	<b>Concelho</b>
<b>Bondalti Chemicals, S.A.</b>	APA00137844	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>Bresfor - Indústria do Formol, SA</b>	APA00356590	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>Bresfor - Indústria do Formol, SA</b>	APA00101479	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>Companhia Industrial de Resinas Sintéticas, CIRES, Lda.</b>	APA00967303	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>PRIO BIO S.A.</b>	APA00077354	Nível Inferior - DL 150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>PRIO SUPPLY, S.A.</b>	APA00144351	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo
<b>Digal - Distribuição e Comércio, S.A.</b>	APA00349254	Nível Superior - DL150/2015	Exploração	Ílhavo

Tabela 2 - Estabelecimentos identificados no Grupo de Efeito Dominó Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)



**Grupos de Efeito Dominó identificados:**

Grupos de Efeito Dominó	Estabelecimentos sob Efeito Dominó	Código APA	Enquadramento
<b>Matosinhos</b>	Gasin - Gases Industriais, S.A.	APA00039235	Nível Inferior
	Parque de Perafita	APA00937263	Nível Superior
	Petrogal- Parque Logístico de Matosinhos	APA00040260	Nível Superior
<b>Estarreja</b>	CIRES - Companhia Industrial de Resinas Sintéticas, Lda	APA00075850	Nível Superior
	Bondalti Chemicas , S.A.	APA00085802	Nível Superior
	Dow Portugal - Produtos Químicos, Sociedade Unipessoal, Lda	APA00035906	Nível Superior
	Sociedade Portuguesa do Ar Líquido "ARLIQUIDO", Lda - CPE	APA00052076	Nível Inferior
<b>Ílhavo</b>	Bondalti Chemicals, S.A. Parque de Armazenamento de Aveiro	APA00137844	Nível Superior
	Bresfor - Indústria do Formol, S.A. (Terminal Químico)	APA00356590	Nível Superior
	Bresfor - Indústria do Formol, S.A. (Centro de Produção)	APA00101479	Nível Superior
	CIRES - Companhia Industrial de Resinas Sintéticas, S.A .Inst. Portuárias de Recepção e Armazenagem de VCM)	APA00967303	Nível Superior
	Prio Biocombustíveis, S.A.	APA00077354	Nível Inferior
	Prio Supply, S.A.	APA00144351	Nível Superior
	Terminal no Porto de Aveiro - Digal - Distribuição e Comércio, S.A.	APA00349254	Nível Superior
	RNM - Produtos Químicos, S.A. - TQA - Armazenamento de Produtos de Petróleo	APA07701043	Nível Superior

Estas empresas contribuem bastante para a economia, criando emprego, impulsionam o comércio local e fomentando a inovação em vários setores industriais.

Muitas delas, além de abastecerem o mercado interno, são responsáveis pela exportação de produtos para mercados internacionais, aumentando a sua relevância económica e estratégica.

No entanto, devido à natureza dos seus processos industriais, que envolvem matérias químicas e petroquímicas (tabela 3), estas empresas enfrentam desafios relacionados com os riscos ambientais e a saúde pública (tabela 4). Elas estão, portanto, sujeitas a um conjunto rigoroso de exigências legais e regulamentares, destacando-se a conformidade com a legislação Seveso (Europeu, 2012), que regula as instalações que lidam com matérias perigosas. As normas Seveso (EEA., 2018) têm como objetivo prevenir ou, quando necessário, minimizar os danos causados por acidentes graves, impondo a implementação de sistemas de segurança, monitorização contínua e planos de emergência internos eficazes.

*Tabela 3 - Identificação Técnica e Classificação ONU de Matérias Perigosas Fonte: MEIMP da ANEPC*

<b>Nome da Substância</b>	<b>Nº ONU</b>	<b>Classe de Risco Principal</b>	<b>Classe de Risco Secundário</b>	<b>Distâncias de Evacuação</b>
<b>Formol</b>	2209	3 (Inflamável)	6.1 (Tóxico)	50 m / 300 m
<b>Metanol</b>	1230	3 (Inflamável)	6.1 (Tóxico)	50 m / 800 m
<b>Anilina</b>	1547	6.1 (Tóxico)	9 (Diverso)	30 m / 150 m
<b>Gasóleo</b>	1202	3 (Inflamável)	-	15 m / 50 m
<b>Gasolina</b>	1203	3 (Inflamável)	-	50 m / 800 m
<b>Etanol</b>	1170	3 (Inflamável)	-	50 m / 800 m
<b>Cloreto de Vinilo</b>	1086	2.1 (Gás Inflamável)	6.1 (Tóxico)	100 m / 800 m
<b>Benzeno</b>	1114	3 (Inflamável)	6.1 (Tóxico)	50 m / 800 m
<b>Isocianatos (TDI)</b>	2206	6.1 (Tóxico)	8 (Corrosivo)	30 m / 150 m
<b>Soda Cáustica (Líquida)</b>	1824	8 (Corrosivo)	-	30 m / 100 m
<b>Ácido Sulfúrico</b>	1830	8 (Corrosivo)	-	30 m / 100 m
<b>Óleos Vegetais</b>	3082	9 (Perigo Diverso)	-	15 m / 50 m
<b>Ureia</b>	N/C	-	-	Não aplicável
<b>AdBlue (solução de ureia)</b>	N/C	-	-	Não aplicável
<b>Butano</b>	1011	2.1 (Gás Inflamável)	-	100 m / 800 m
<b>Propano</b>	1978	2.1 (Gás Inflamável)	-	100 m / 800 m
<b>Biodiesel</b>	N/C	-	-	15 m / 50 m

*Tabela 4 - Perigos, Riscos e Medidas de Emergência Fonte: MEIMP da ANEPC*

<b>Nome da Substância</b>	<b>Perigos</b>	<b>Perigos para a Saúde</b>	<b>Riscos Ambientais</b>	<b>Medidas de Emergência</b>
<b>Formol</b>	Inflamável e tóxico	Irritação ocular, respiratória e cancerígeno	Altamente tóxico para organismos aquáticos	Evacuar área, usar EPI, evitar contacto com olhos/peles, conter derrames
<b>Metanol</b>	Altamente inflamável e tóxico	Pode causar cegueira, depressão do SNC e morte	Tóxico para a fauna aquática	Evitar ignição, ventilar, evacuar, contenção de derrames
<b>Anilina</b>	Tóxico, potencialmente cancerígeno	Absorção cutânea perigosa, afeta o sangue	Tóxico para organismos aquáticos	Utilizar EPI completo, evitar contacto e inalação
<b>Gasóleo</b>	Inflamável	Irritante dérmico e respiratório	Contamina solos e águas	Controlar fontes de ignição, conter derrames

<b>Gasolina</b>	Altamente inflamável	Narcótico em altas doses, irritante	Contamina águas subterrâneas e solo	Evacuar, ventilar, conter e remover fontes de ignição
<b>Etanol</b>	Inflamável	Irritante ocular, ingestão pode causar intoxicação	Moderado impacto ambiental	Ventilar, remover fontes de ignição, conter derrame
<b>Cloreto de Vinilo</b>	Gás inflamável e tóxico	Cancerígeno, afeta fígado e SNC	Volátil, risco elevado de contaminação	Evacuar, conter, usar proteção respiratória
<b>Benzeno</b>	Altamente inflamável e tóxico	Cancerígeno, afeta medula óssea	Alta toxicidade aquática	Isolar área, usar EPI, conter vapores
<b>Isocianatos (TDI)</b>	Tóxico e corrosivo	Irritante grave, afeta trato respiratório	Nocivo à vida aquática	Evitar exposição, conter produto, ventilação
<b>Soda Cáustica</b>	Corrosivo	Causa queimaduras graves	Perigoso para a flora e fauna em contato direto	Neutralizar derrame, proteger olhos e pele
<b>Ácido Sulfúrico</b>	Altamente corrosivo	Queimaduras, inalado é tóxico	Altamente tóxico em meio aquático	Evacuar, usar EPI, neutralizar cuidadosamente
<b>Óleos Vegetais</b>	Pode oxidar com calor	Pouco tóxico, pode causar escorregamento	Película sobre a água prejudica oxigenação	Conter derrames, evitar vias fluviais
<b>Ureia</b>	Pouco perigoso	Irritante em contacto prolongado	Risco mínimo, pode causar eutrofização	Conter produto, evitar dispersão em água
<b>AdBlue</b>	Pouco perigoso	Irritante ligeiro ocular/dérmico	Impacto baixo	Lavar área afetada, conter derrame
<b>Butano</b>	Gás inflamável	Pode causar asfixia em espaços fechados	Contribui para o efeito estufa	Evacuar, evitar ignição, ventilar
<b>Propano</b>	Gás inflamável	Risco de asfixia, narcótico em altas concentrações	Contribui para aquecimento global	Evitar ignição, evacuar área
<b>Biodiesel</b>	Inflamável (menos que gasolina)	Pouco tóxico, pode causar irritação	Biodegradável, mas pode afetar ecossistemas	Conter derrames, evitar águas

Além das obrigações legais, estas empresas devem investir em tecnologias e práticas sustentáveis para reduzir o impacto ambiental das suas operações. Isto abrange desde a gestão eficiente de resíduos e emissões até o tratamento adequado de efluentes e a redução do consumo de recursos naturais. Assim, além de cumprirem as normas de segurança

ambiental, estas empresas desempenham um papel ativo na preservação do meio ambiente, promovendo a sustentabilidade a longo prazo.

Em suma, embora estas empresas sejam fundamentais para o desenvolvimento económico da região, as suas operações devem ser cuidadosamente monitorizadas e preparadas com uma abordagem responsável tanto social quanto ambientalmente. O cumprimento das normas de segurança e a adoção de medidas ecológicas adequadas são imprescindíveis para garantir que o crescimento económico aconteça sem comprometer a segurança pública ou o meio ambiente.

## **2. Importância Estratégica do Porto de Aveiro**

A análise da importância estratégica do Porto de Aveiro requer uma abordagem que contemple os seus principais contributos para a economia e logística nacionais, bem como os desafios associados às suas operações. Considerado um dos principais polos logísticos de Portugal, este porto desempenha um papel central na dinamização das cadeias de abastecimento e na facilitação do comércio internacional, suportando diretamente múltiplos setores industriais (Silva R. , 2018).

A intermodalidade do Porto de Aveiro, evidenciada pela sua integração com redes ferroviárias e rodoviárias, constitui um fator determinante na sua competitividade global (Ferreira L. &., 2020). Estas características, confere-lhe vantagens estratégicas significativas, permitindo um escoamento eficiente de mercadorias e a redução de custos logísticos. A caracterização do porto deve, assim, incluir não só as suas Infraestruturas e processos operacionais, como também a sua capacidade de adaptação às dinâmicas do mercado e aos desafios emergentes, tais como a necessidade de modernização contínua e a crescente concorrência com outros portos internacionais (Vieira, 2017) e (Matos A. , 2019).

### **2.1 Papel Estratégico**

O Porto de Aveiro assume assim, um papel central no desenvolvimento económico do país, servindo como ponto de ligação essencial para as exportações e importações. A sua localização geográfica privilegiada possibilita o acesso eficiente a mercados internacionais,

reforçando a competitividade das empresas portuguesas e a atratividade do país como *Hub*<sup>11</sup> logístico de relevância europeia (Aveiro C. M., 2005).

Em 2023, o movimento total de mercadorias do grupo atingiu 7,595 milhões de toneladas, o que representa uma ligeira quebra de 4,82% face a 2022 (7,981 milhões de toneladas), refletindo ajustes nos mercados e nos fluxos logísticos (APA A. d., Relatório e Contas, 2023). Apesar dessa retração global, verificou-se um crescimento expressivo de 67,55% na carga contentorizada, com mais 117 mil toneladas, graças à implementação da linha regular de contentores da *Ellerman City Liners*<sup>12</sup>, que escalou semanalmente o Porto de Aveiro desde novembro de 2022.

A distribuição das mercadorias movimentadas em 2023 revela a diversificação da operação portuária, com 42,72% de granéis sólidos, 34,52% de carga geral, 18,95% de granéis líquidos e 3,81% de carga contentorizada, o que demonstra a polivalência e a capacidade do porto em servir múltiplos segmentos industriais e comerciais. Esta performance operacional consolida o Porto de Aveiro como um *Hub* logístico relevante a nível ibérico, com especialização crescente em setores de elevado valor estratégico, como a energia e a indústria transformadora.

## 2.2 Operações Portuárias e Riscos Associados

As operações no Porto de Aveiro abrangem uma ampla variedade de atividades logísticas, incluindo:

- a) Movimentação de granéis líquidos e sólidos;
- b) Transporte e armazenamento de matérias perigosas;
- c) Logística associada a produtos químicos e combustíveis.

---

<sup>11</sup> *Hub* logístico é uma das estratégias utilizada para agilizar a distribuição de mercadorias. Trata-se de uma área dedicada a todas as atividades relacionadas ao transporte, coordenação e distribuição de mercadorias para envios nacionais e internacionais.

<sup>12</sup> A *Ellerman City Liners* foi relançada em 2021 como marca de transporte marítimo de contentores, revivendo o legado da histórica *Ellerman Lines*, fundada em 1892. Fonte: *Ellerman City Liners* (consultado em junho de 2025)

Embora estas atividades sejam essenciais para a manutenção das cadeias de abastecimento e o suporte à indústria nacional e regional (Administração do Porto de Aveiro, 2017), apresentam riscos operacionais significativos, nomeadamente:

- a) **Acidentes ambientais:** Derrames de matérias perigosas, que podem comprometer ecossistemas sensíveis e recursos hídricos;
- b) **Riscos ocupacionais:** O manuseamento de produtos químicos voláteis aumenta a exposição dos trabalhadores a matérias nocivas;
- c) **Ameaças à segurança industrial:** A elevada concentração de materiais inflamáveis potencia o risco de incêndios e explosões;
- d) **Riscos para a saúde pública e a população:** A libertação accidental de vapores tóxicos ou partículas perigosas pode afetar zonas habitacionais próximas, levando a intoxicações, evacuações de emergência ou impactos de longo prazo na saúde respiratória e cardiovascular.

A gestão eficiente destes riscos é fundamental para garantir a segurança operacional, a proteção ambiental, a saúde pública e a resiliência das Infraestruturas portuárias.

### 2.3 O Projeto Liverpool: Modernização e Expansão

O Projeto Liverpool surge como uma resposta estratégica às exigências do mercado global, visando a modernização e a ampliação das Infraestruturas do Porto de Aveiro para aumentar a sua capacidade operacional e a segurança das suas operações (Aveiro D. , 2022).

#### 2.3.1 Objetivos

- a) Ajustar a infraestrutura às necessidades dos novos navios Panamax<sup>13</sup>, permitindo a receção de embarcações de maior porte;
- b) Fortalecer a segurança operacional, reduzindo riscos associados a cargas perigosas e otimizando a gestão de emergências;

---

<sup>13</sup> Panamax são os navios que, devido às suas dimensões, possuem o tamanho limítrofe máximo para passar nas eclusas do Canal do Panamá, o que significa um comprimento de 1000 pés (305 m), uma largura de 110 pés (33,5 m) e uma profundidade de 85 pés (26 m).

- c) Expandir a capacidade logística, potenciando o escoamento de mercadorias para a região de Castela e Leão<sup>14</sup>, em Espanha;
- d) Promover a sustentabilidade, através da implementação de soluções ambientais inovadoras (Administração do Porto de Aveiro, 2017).

### **2.3.2 Inovações Tecnológicas e Sustentáveis**

- a) Melhoria das Infraestruturas portuárias e de acessos logísticos;
- b) Introdução de sistemas avançados de monitorização de riscos;
- c) Implementação de biocombustíveis nos equipamentos portuários para redução da pegada ecológica (Aveiro D. , 2022).

### **2.3.3 Impacto Previsto**

A modernização do Porto de Aveiro proporcionará um aumento da eficiência operacional e da capacidade logística.

Além disso, espera-se que:

- a) A melhoria da segurança reduza significativamente o risco de acidentes ambientais e industriais;
- b) As inovações tecnológicas reforcem a competitividade do porto a nível internacional;
- c) O incremento das operações de transporte (rodoviário, ferroviário e marítimo) eleve os desafios na gestão do tráfego e no controlo de riscos logísticos (Aveiro P. , 2024).

---

<sup>14</sup> Castela e Leão - Comunidade Autónoma da Espanha Central, Castela e Leão (Castilla y León, em espanhol) tem a sua capital na cidade de Valladolid (ou Valladolid, em espanhol). É constituída pelas seguintes províncias: Ávila, Burgos, Leão, Palencia, Salamanca, Zamora, Segóvia, Sória, Valladolid e Zamora.

## 2.4 A Gestão de Riscos e as Empresas Seveso

No contexto das normas de segurança industrial, o Porto de Aveiro alberga sete empresas classificadas como Seveso de categoria superior, de acordo com a Diretiva Seveso III (Europeu, 2012). Estas instalações lidam com matérias perigosas, incluindo produtos petroquímicos e fertilizantes, cujo seu manuseamento exige medidas rigorosas de segurança.

A presença destas Infraestruturas cria um ambiente de risco complexo, onde a proximidade entre as empresas pode potenciar a ocorrência de efeitos dominó, ou seja, acidentes em cascata que amplificam os danos ambientais e industriais. Assim, torna-se essencial a implementação de estratégias integradas de gestão de emergências, envolvendo planos de contingência interinstitucionais e sistemas de monitorização avançados para mitigar potenciais incidentes.

## 3. Infraestrutura e Capacidades Técnicas

O terminal químico do Porto de Aveiro dispõe de uma infraestrutura especializada para o armazenamento e manuseamento de matérias perigosas, incluindo combustíveis, gases, líquidos e produtos químicos industriais. As instalações estão distribuídas entre vários operadores e incluem:

- a) **Tanques de armazenamento:** Projetados para conter matérias inflamáveis e tóxicas, equipados com sistemas de controlo de temperatura, pressão e monitorização contínua;
- b) **Bacias de contenção:** Estruturas concebidas para mitigar a propagação de fugas ou derrames acidentais, reduzindo o impacto ambiental e operacional;
- c) **Sistemas de segurança integrados:** Incluem detetores de gases, sistemas de supressão de incêndios e monitorização em tempo real para deteção precoce de incidentes;

- d) **Infraestrutura logística intermodal<sup>15</sup>**: O terminal dispõe de acessos diretos para a carga e descarga de navios, assegurando a conectividade com os principais eixos de transporte rodoviário (A25) e ferroviário.

#### 4. Dinâmica Operacional e Logística

A operação do terminal químico do Porto de Aveiro rege-se por protocolos rigorosos de segurança, alinhados com normativas internacionais, nomeadamente a Diretiva Seveso III. Os operadores são submetidos a formação contínua para lidar com matérias perigosas, sendo que a infraestrutura portuária possui planos de contingência estruturados para resposta a incidentes de grande escala.

Adicionalmente, a dinâmica operacional do terminal químico inclui:

- a) **Inspecções regulares e auditorias de segurança**, garantindo a conformidade com regulamentações nacionais e internacionais;
- b) **Manutenção preventiva e testes periódicos dos sistemas críticos**, minimizando o risco de falhas técnicas;
- c) **Coordenação rigorosa da logística de mercadorias**, assegurando a compatibilidade das operações sem comprometer a segurança ou a eficiência das atividades portuárias (Tropa, 2022).

#### 5. Desafios e Riscos Associados

##### 5.1 Riscos de Incidentes em Cadeia: Proximidade entre as Empresas Seveso

Como mencionado anteriormente, o Porto de Aveiro abriga sete empresas classificadas como Seveso de categoria superior e uma de categoria inferior. Além destas, a Bresfor, ligada ao terminal por gasoduto-pipeline, também trabalha na proximidade do porto. A elevada concentração de instalações que lidam com matérias perigosas aumenta significativamente o risco de efeito dominó, agravado pela falta de barreiras físicas adequadas entre as empresas (APQE, 2015).

---

<sup>15</sup> O transporte intermodal é aquele em que a carga é transportada por duas empresas especializadas em modais (formas) diferentes

Este cenário torna o Porto de Aveiro num ponto crítico da gestão de emergências, devido à presença de matérias químicas voláteis, inflamáveis e tóxicas. A Diretiva Seveso estabelece normas rigorosas para a segurança industrial e a prevenção de acidentes graves, mas a mitigação do risco de propagação entre instalações exige uma abordagem integrada e vigilância contínua. A possibilidade de eventos em cadeia, como explosões secundárias ou a dispersão de matérias tóxicas, reforça a necessidade de medidas preventivas robustas e coordenação eficaz entre os agentes envolvidos.

### **5.1.1 Vulnerabilidades Estruturais e Ambientais**

Embora o porto disponha de Infraestruturas modernizadas, a manutenção contínua e a atualização tecnológica representam desafios críticos. Algumas estruturas antigas podem apresentar vulnerabilidades, como:

- a) **Corrosão em tanques de armazenamento**, aumentando o risco de fugas e contaminações;
- b) **Sistemas de deteção e monitorização desatualizados**, comprometendo a resposta rápida a incidentes;
- c) **Redes de combate a incêndios com limitações**, dificultando o combate eficaz de incêndios industriais.

A modernização da rede de segurança, incluindo sistemas de deteção avançada e redes otimizadas de combate a incêndios, sendo essencial para reduzir riscos e garantir a resiliência operacional do terminal químico.

## **6. Gestão de Emergências em Contextos de Alta Complexidade**

A coordenação entre as empresas Seveso, as autoridades portuárias e os serviços de emergência é um dos principais desafios organizacionais no Porto de Aveiro. Atualmente a ausência de uma central integrada de monitorização, deteção e alerta (Costa E. , 2012) dificulta a resposta coordenada a incidentes, tornando essencial a criação de um sistema que permita a partilha de informações em tempo real.

Além disso, a insuficiente realização de simulacros conjuntos entre as entidades envolvidas compromete a eficácia das respostas críticas (APQE, 2015). A integração plena dos planos de resposta a emergências entre os diferentes intervenientes é um fator determinante para minimizar impactos em caso de acidente industrial.

### **6.1 Pressões Sociais e Ambientais sobre a Infraestrutura Portuária**

As operações no terminal químico enfrentam crescentes pressões, tanto sociais como ambientais, devido ao manuseamento de matérias perigosas:

- a) Potencial poluição atmosférica e hídrica nas proximidades das zonas residenciais;
- b) Risco elevado de acidentes tecnológicos, que podem afetar diretamente as comunidades vizinhas;
- c) Sentimento de desconfiança e falta de transparência por parte da população, dificultando a aceitação pública das atividades portuárias.

Face a isto, é essencial implementar estratégias robustas de comunicação de risco, aumentar as medidas de mitigação ambiental e envolver ativamente as partes interessadas no planeamento e na resposta a incidentes.

### **6.2 Contexto local: Gafanha da Nazaré e Infraestruturas Circundantes**

A Gafanha da Nazaré, é uma freguesia que integra parte significativa das zonas portuárias de Aveiro, tem cerca de 15 551 habitantes (INE, 2021), numa área de 16,4 km<sup>2</sup>, com forte densidade populacional (cerca de 1 000 hab./km<sup>2</sup>). Durante o verão, a região experimenta ainda um reforço populacional sazonal, devido ao turismo nas praias da Barra e Costa Nova, agravando os congestionamentos rodoviários.

A autoestrada A25, principal via de acesso e saída da Gafanha, regista um tráfego médio diário na ordem dos 40 a 50 mil veículos entre a Barra e os nós com A17/A29. Estes fluxos intensificam-se nos meses de verão, com congestionamentos que podem atrasar significativamente os meios de socorro. A limitada, e por vezes precária infraestrutura urbana, nomeadamente passeios descontínuos, vias estreitas e ausência de transporte público eficiente, expõe a população e visitantes a riscos adicionais, em caso de

emergência. Além disso, a vulnerabilidade climática da região costeira, próxima à Ria de Aveiro e à barra oceânica, aumenta o risco de inundações e tempestades, afetando tanto as Infraestruturas portuárias como a população.

Adicionalmente, importa salientar o intenso tráfego de veículos pesados, nomeadamente camiões-cisterna e outros transportando matérias perigosas, que diariamente circulam entre o Terminal Químico do Porto de Aveiro e as vias principais de acesso, como a A25 e os nós com a A17 e A29. Este fluxo, essencial para a operação logística do porto, atravessa zonas urbanas densamente povoadas da Gafanha da Nazaré, aumentando o risco de acidentes rodoviários com potencial libertação de matérias tóxicas, inflamáveis ou poluentes. Em caso de colisão ou derrame, os impactos poderão afetar diretamente a saúde pública, o ambiente urbano e a mobilidade local. A ausência de vias de circulação segregadas ou corredores logísticos dedicados para este tipo de transporte acentua a exposição da população, sobretudo em horas de ponta ou durante eventos meteorológicos adversos. Esta realidade reforça a necessidade de medidas de gestão do risco rodoviário associadas às matérias perigosas, incluindo rotas alternativas, sinalização específica, treino de emergência para transportadoras e sistemas de aviso rápido à população.

### 6.3 Vulnerabilidades Críticas

A gestão de emergências no Porto de Aveiro exige atenção especial a um conjunto de vulnerabilidades específicas que afetam diretamente a eficácia da resposta e a segurança da população. Estas vulnerabilidades resultam da interação entre fatores infraestruturais, humanos e ambientais, que se tornam especialmente críticos em cenários de acidente industrial ou químico grave:

- a) **Infraestruturas de mobilidade:** em caso de acidente industrial grave, os congestionamentos na A25 e vias urbanas complexas podem atrasar a evacuação e o acesso dos serviços de emergência.
- b) **Pressão humana local e sazonal:** elevada densidade populacional e turismo intensificam os riscos em emergências sem coordenação interinstitucional e meios adequados.

- c) **Infraestruturas críticas adjacentes:** escolas, centros de saúde e zonas residenciais localizam-se próximas ao Porto, exigindo planos de evacuação e comunicação de risco direcionados.
- d) **Mudanças climáticas:** a subida do nível do mar e eventos extremos agravam a exposição da região costeira e da infraestrutura portuária.

#### 6.4 Medidas de Mitigação dos Riscos - Desafios no Porto de Aveiro

Em contextos como o do Porto de Aveiro, as instalações Seveso enfrentam desafios adicionais relacionados com a proximidade entre os terminais e à falta de Infraestruturas de proteção adequadas. A gestão do efeito dominó exige, portanto, a implementação de barreiras físicas, como zonas de contenção e sistemas de monitorização integrados, além de uma comunicação eficaz entre os gestores das instalações. Estudos de Cozzani, 2014 e Cozzani V. &, 2017, sugerem como medidas de mitigação, o aumento da distância entre instalações e a instalação de sistemas de alarme integrados, que podem reduzir significativamente a probabilidade de ocorrência de efeitos em cadeia.

No contexto específico das instalações Seveso localizadas no terminal químico, a compreensão dos riscos associados ao efeito dominó continua a evoluir, mas ainda carece de uma aplicação prática mais robusta em portos de médio porte como o de Aveiro. Embora a literatura forneça bases teóricas consistentes, verifica-se a necessidade urgente de desenvolver modelos de avaliação e resposta adaptados à realidade local, que considerem a interação entre fatores tecnológicos, humanos e climáticos.

A ausência de uma central integrada de monitorização e alerta, aliada à fragmentação na coordenação entre os vários intervenientes e às crescentes pressões sociais e ambientais, revela vulnerabilidades que exigem intervenções estruturadas e imediatas. A implementação de sistemas inteligentes de deteção e comunicação de risco, a atualização dos dispositivos de segurança e o reforço da coordenação interinstitucional são cruciais para mitigar os riscos e reforçar a resiliência do Porto de Aveiro perante cenários de emergência complexos.

Em suma, o Porto de Aveiro, apesar de dispor de Infraestruturas modernas e desempenhar um papel estratégico na economia nacional, enfrenta desafios significativos no domínio da

segurança e da gestão de emergências em contextos de alta complexidade. A proximidade a zonas urbanas densamente povoadas, como a cidade da Gafanha da Nazaré, a pressão sazonal provocada pelo turismo balnear e a vulnerabilidade das principais vias de acesso, como a A25, aumentam substancialmente o risco em situações de crise.

## **CAPÍTULO IV – Identificação e Avaliação de Riscos no Porto de Aveiro**

### **1. Introdução**

Este capítulo apresenta uma análise técnica dos riscos existentes no Porto de Aveiro, com ênfase nos cenários relacionados com o Terminal de Granéis Líquidos e nas empresas classificadas como Seveso de categoria superior. A identificação e avaliação dos diferentes tipos de risco químicos, tecnológicos, ambientais, meteorológicos e operacionais permitirão compreender as vulnerabilidades específicas do território portuário e apoiar a definição de estratégias adequadas de prevenção e resposta.

Com base na localização geoespacial (ilustração 2), ocupação do solo, caracterização das matérias perigosas movimentadas e nas Infraestruturas existentes, serão mapeados os principais riscos, com especial atenção aos potenciais acidentes de efeito dominó. Esta análise constitui um passo essencial para a construção de um sistema de gestão de emergência mais eficaz e adaptado à realidade portuária do Porto de Aveiro.

### **2. Identificação dos Riscos**

Com base nos dados públicos disponíveis, podemos realizar uma análise preliminar dos riscos associados ao Porto de Aveiro, especialmente no que diz respeito às empresas classificadas como Seveso de nível superior.

Estas empresas, devido à natureza e quantidade de matérias perigosas que armazenam e manuseiam, representam potenciais focos de acidente grave, com consequências não apenas no interior do recinto portuário, mas também nas áreas envolventes, incluindo zonas urbanas, ecossistemas sensíveis e Infraestruturas críticas.

A concentração destas instalações no TGL aumenta a complexidade da gestão do risco, pois favorece a possibilidade de acidentes em cascata, conhecidos como efeitos dominó. Estes cenários de risco podem resultar da libertação de matérias tóxicas, incêndios industriais ou explosões, sendo potenciados por falhas técnicas, erro humano ou eventos naturais adversos.

A identificação dos riscos exige, numa abordagem multidimensional que considere não apenas as características físico-químicas dos produtos armazenados, mas também fatores como:

- a) A proximidade entre unidades indústria;
- b) O layout das Infraestruturas;
- c) Os acessos e rotas de evacuação disponíveis;
- d) As condições meteorológicas prevalentes;
- e) A interação entre sistemas técnicos e humanos.

Nos pontos seguintes deste capítulo serão detalhadas as componentes geoespaciais do Porto de Aveiro, a localização exata das empresas Seveso, a caracterização das matérias perigosas, bem como a análise dos principais riscos tecnológicos, ambientais, operacionais e de Infraestruturas.

## 2.1 Localização do Porto e Contexto Geoespacial

O Porto de Aveiro localiza-se na margem sul da Ria de Aveiro, beneficiando de uma ligação direta ao Oceano Atlântico através da Barra de Aveiro. Esta posição geográfica estratégica permite o acesso facilitado a rotas marítimas internacionais, sendo um importante nodo<sup>16</sup> no sistema logístico nacional.

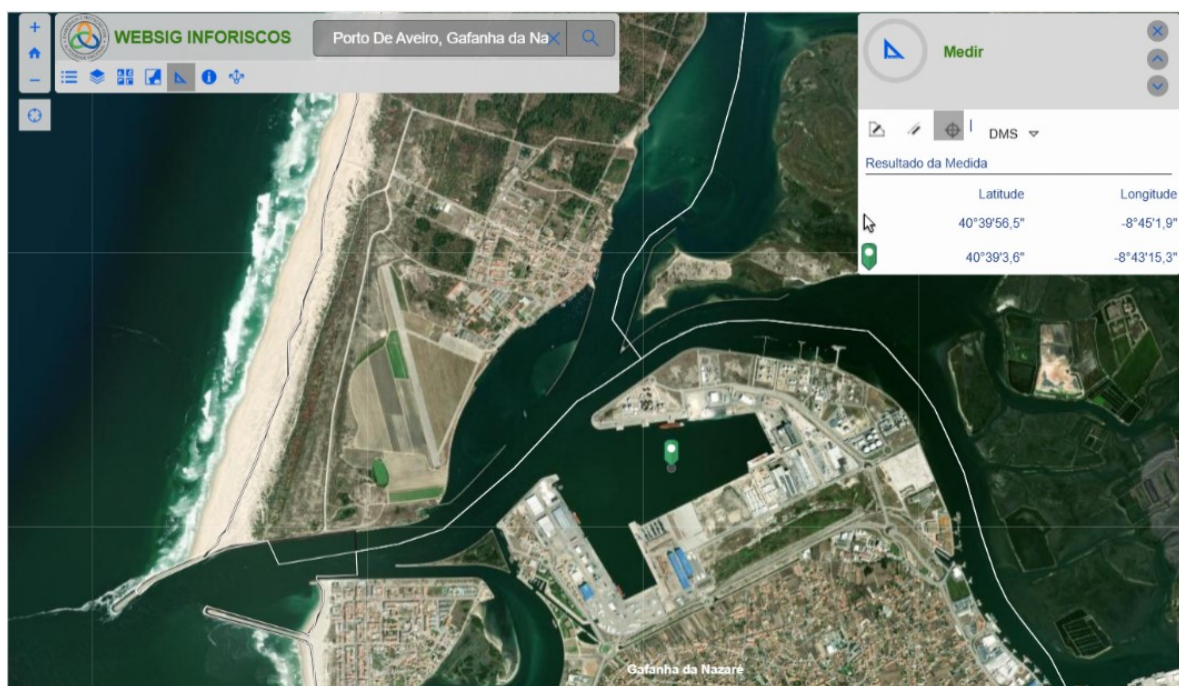
Contudo, a sua proximidade com a Ria e as zonas costeiras implicam uma exposição significativa a fatores ambientais, como ventos fortes, agitação marítima e inundações costeiras, que podem afetar tanto as operações portuárias quanto a segurança das Infraestruturas. A localização numa zona de transição entre o meio marítimo e terrestre exige que a avaliação de riscos incorpore não apenas a atividade industrial e logística, mas também os elementos naturais e meteorológicos que influenciam a segurança operacional e ambiental do porto.

---

<sup>16</sup> Nodo - Local onde se cruzam, convergem ou se distribuem rotas, sejam elas de transporte (navios, comboios, camiões), dados ou energia

Para apoiar esta análise, foram utilizados mapas e dados cartográficos provenientes da Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes (PNRRC) e da ferramenta *WEBSIG INFORISCOS*. Estes recursos possibilitam uma visualização detalhada e uma compreensão aprofundada dos principais fatores de risco presentes na área portuária.

A integração destas informações geoespaciais contribui para uma identificação mais precisa dos riscos, fundamentando o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação e prevenção no Porto de Aveiro.



*Ilustração 2 - Localização do Porto de Aveiro - Fonte: WEBSIG INFORISCOS*

### **Localização geográfica:**

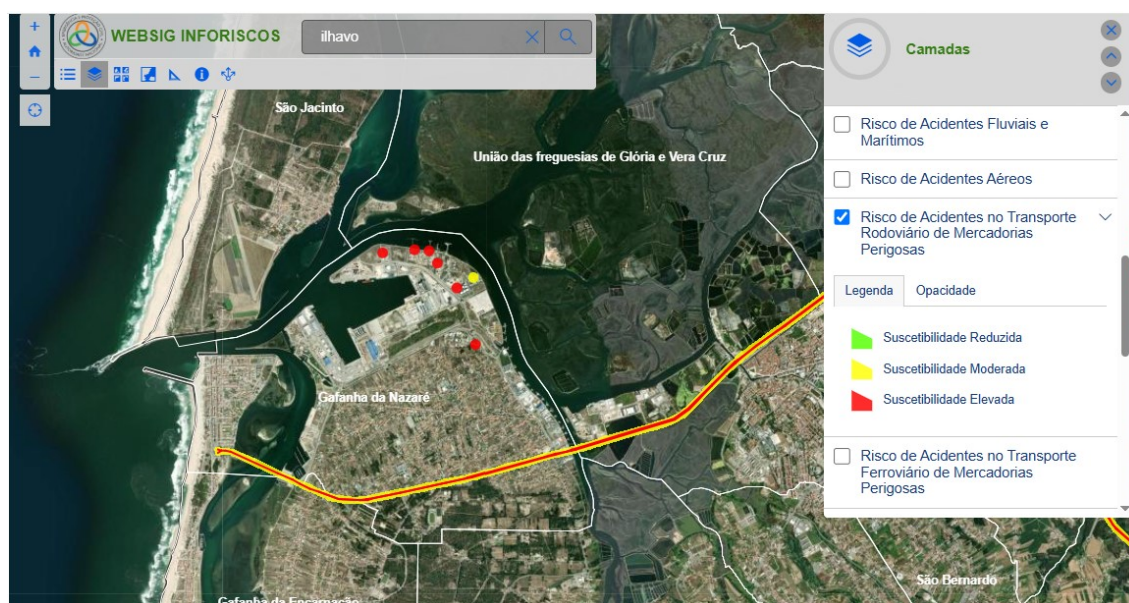
Coordenadas (graus, minutos e segundos):

- Latitude: 40°39'3,6" N
- Longitude: 8°43'15,3" W

### **2.2 Mapas e Recursos Adicionais**

Embora os mapas detalhados, que indicam as localizações precisas das instalações específicas, como as empresas classificadas pela Diretiva Seveso no Terminal de Granéis Líquidos, não estejam disponíveis para consulta pública devido a razões de

segurança, o site oficial do Porto de Aveiro disponibiliza informações gerais sobre as Infraestruturas portuárias, incluindo a localização do Terminal de Granéis Líquidos (Aveiro A. d., 2025). Para complementar esta informação, a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ilustração 3) permite integrar diversas camadas de dados, desde a configuração geoespacial do porto, zonas residenciais adjacentes, áreas ambientais protegidas, até às Infraestruturas críticas como acessos rodoviários e redes de serviços essenciais. Esta integração é fundamental para avaliar a sobreposição de riscos e vulnerabilidades no contexto do porto, permitindo a elaboração de mapas temáticos que apoiam a gestão e resposta a emergências. Contudo, a limitação do acesso público a dados mais detalhados reforça a necessidade de cooperação estreita entre as entidades portuárias, as autoridades de proteção civil e as empresas Seveso para garantir uma gestão de riscos eficaz e segura.



*Ilustração 3 - Risco acidentes transporte rodoviário mercadorias perigosas e risco acidentes em instalações fixas com matérias perigosas - Fonte: WEBSIG INFORISCOS*

### 3. Ocupação do Terminal Químico

O TGL do Porto de Aveiro alberga diversas unidades industriais responsáveis pelo armazenamento e movimentação de matérias químicas. As instalações encontram-se distribuídas de acordo com a sua função específica, abrangendo a produção de resinas sintéticas, formol, biocombustíveis e produtos químicos industriais, bem como a armazenagem e distribuição de combustíveis e outros produtos perigosos.

A seguir, apresenta-se a identificação das principais unidades industriais e a sua localização no terminal.

### **3.1 Identificação e Localização das Empresas Seveso no Porto de Aveiro**

O TGL, localizado na Ilha da Mó do Meio, freguesia da Gafanha da Nazaré, concelho de Ílhavo, é uma instalação estratégica e crítica do Porto de Aveiro dedicada ao armazenamento e movimentação de matérias perigosas (APA A. P., 2025). Diversas empresas, algumas classificadas como Seveso de nível superior, operam neste terminal, sendo responsáveis por armazenar e manipular produtos químicos que requerem rigorosas medidas de segurança.

Embora os documentos públicos não disponibilizem a lista completa ou as localizações precisas de todas as empresas Seveso, é possível identificar algumas unidades-chave com base em fontes oficiais e bases de dados, tais como a WEBSIG INFORISCOS (Ilustração 4).

Entre estas empresas destacam-se:

- 1. Prio Supply S.A.**
- 2. Bondalti Chemicals, S.A.**
- 3. Companhia Industrial de Resinas Sintéticas (CIRES)**
- 4. Digal - Distribuição e Comércio, S.A.**
- 5. Bresfor - Indústria do Formol, S.A.**
- 6. RNM e TQA**

A ilustração 4 apresenta a localização geográfica aproximada destas unidades no terminal, permitindo uma análise preliminar do seu posicionamento relativo e da exposição a riscos conjuntos, nomeadamente no contexto da Diretiva Seveso e do potencial efeito dominó.

**Legenda:** 1-RNM e TQA, 2-Digal - Distribuição e Comércio, S.A., 3-CIRES, Lda. (Companhia Industrial de Resinas Sintéticas), 4-Bondalti Chemicals, S.A., 5-Bresfor -

Indústria do Formol, S.A., 6-Prio Supply, S.A., 7-Prio Bio S.A., 8-Bresfor - Indústria do Formol, S.A. (Segunda unidade da mesma empresa fora do terminal).



*Ilustração 4 - Localização Empresas Seveso do Porto de Aveiro - Fonte: WEBSIG INFORISCOS*

### **3.2 Caracterização das Matérias Perigosas no TGL**

A gestão eficaz de emergências em ambientes portuários de elevada complexidade, como o TGL do Porto de Aveiro, exige um conhecimento aprofundado das matérias perigosas armazenadas e manuseadas nestas instalações. Contudo, durante o desenvolvimento deste estudo, constatou-se uma limitação significativa no acesso a informações precisas e atualizadas sobre as quantidades e tipologias específicas das matérias perigosas presentes no terminal, o que representa um obstáculo à avaliação rigorosa dos riscos associados.

Com base em dados disponíveis provenientes de fontes oficiais, relatórios técnicos e informações fornecidas por entidades operacionais, foi possível compilar uma lista representativa das principais matérias perigosas presentes no TGL. Esta inclui, além de hidrocarbonetos refinados como gasolina e gasóleo, gases liquefeitos, óleos vegetais e

produtos químicos relevantes provenientes da atividade da empresa Bresfor, como resinas, soluções de ureia, AdBlue, metanol e formol.

Para facilitar a compreensão das características e dos perigos associados a cada substância, apresenta-se de seguida a tabela 5 que sintetiza as principais propriedades físico-químicas, as categorias de perigo segundo o Regulamento CLP (Regulamento (CE) n.º 1272/2008), os riscos principais e as utilizações típicas de cada composto.

Tabela 5 - Caracterização das matérias perigosas presentes no TGL do Porto de Aveiro

<b>Substância</b>	<b>Categoria de Perigo (CLP)</b>	<b>Estado Físico</b>	<b>Principais Riscos</b>	<b>Utilização Típica</b>
<i>Formol</i>	H350 (Cancerígeno), H317 (Sensibilizante)	Líquido	Tóxico, inflamável, carcinogénico	Conservante, fixador em laboratórios, desinfetante
<i>Metanol</i>	H225 (Inflamável), H301 (Tóxico por ingestão)	Líquido	Inflamável, tóxico, corrosivo	Solvente, combustível, produção química
<i>Anilina</i>	H301 (Tóxico), H311 (Corrosivo), H351 (Suspeito cancerígeno)	Líquido	Tóxico, corrosivo, cancerígeno	Produção de corantes, tintas, plásticos
<i>Gasóleo</i>	H304 (Aspiração tóxica), H336 (Narcótico)	Líquido	Inflamável, tóxico para órgãos	Combustível para motores diesel
<i>Gasolina</i>	H224 (Extremamente inflamável), H304 (Aspiração tóxica)	Líquido	Altamente inflamável, tóxico	Combustível para veículos
<i>Etanol</i>	H225 (Inflamável), H319 (Irritante ocular)	Líquido	Inflamável, irritante	Bebidas alcoólicas, solvente, desinfetante
<i>Cloreto de vinilo</i>	H225 (Inflamável), H351 (Suspeito cancerígeno)	Gás	Inflamável, cancerígeno	Produção de PVC
<i>Benzeno</i>	H350 (Cancerígeno), H340 (Mutagénico)	Líquido	Tóxico, cancerígeno	Solvente industrial, produção química
<i>Isocianatos</i>	H334 (Sensibilizante respiratório), H317 (Sensibilizante dérmico)	Líquido/Gás	Sensibilizante, tóxico respiratório	Produção de espumas, tintas, adesivos
<i>Soda cáustica</i>	H314 (Corrosivo)	Sólido/Líquido	Corrosivo severo	Produção química, desentupidores, indústrias
<i>Ácido sulfúrico</i>	H314 (Corrosivo), H335 (Irritante respiratório)	Líquido	Corrosivo severo, tóxico	Fabrico de fertilizantes, baterias, produtos químicos
<i>Óleos vegetais</i>	Geralmente não classificado como perigoso	Líquido	Inflamável leve	Alimentação, cosmética, indústria

<b>Ureia</b>	H302 (Nocivo se ingerido)	Sólido	Irritante, tóxico em grandes doses	Fertilizantes, indústria química
<b>AdBlue</b>	Geralmente não classificado	Líquido	Irritante leve	Redução de emissões em motores diesel
<b>Butano</b>	H220 (Extremamente inflamável)	Gás	Inflamável, risco de explosão	Gás para uso doméstico e industrial
<b>Propano</b>	H220 (Extremamente inflamável)	Gás	Inflamável, risco de explosão	Gás de aquecimento, combustível
<b>Biodiesel</b>	Geralmente inflamável	Líquido	Inflamável, toxicidade baixa	Combustível alternativo para motores

**Nota:** As frases de perigo (H) seguem o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (CLP – *Classification, Labelling and Packaging*)

Este quadro evidencia a diversidade e complexidade das matérias perigosas presentes no TGL, destacando a necessidade de uma abordagem de gestão integrada do risco, que considere não apenas os perigos intrínsecos de cada substância, mas também os efeitos sinérgicos e a possibilidade de acidentes em cascata (efeito dominó), particularmente num ambiente industrial e portuário com múltiplas operações químicas simultâneas.

Adicionalmente, sublinha-se a importância de garantir a atualização contínua da informação sobre as matérias perigosas e de fomentar a transparência e o intercâmbio de dados entre as entidades operacionais e os agentes de proteção civil, como elemento essencial para o reforço da segurança coletiva e da capacidade de resposta a emergências.

### 3.3 Avaliação dos Efeitos Potenciais em Caso de Acidente

A análise de risco associada ao TGL do Porto de Aveiro deve considerar não só as características intrínsecas das matérias perigosas ali manipuladas, mas também os cenários acidentais mais prováveis, a sua interação com as condições atmosféricas locais e os impactos sobre a saúde humana e o ambiente.

#### 3.3.1 Abordagem Metodológica

Para esta avaliação, foram considerados os seguintes parâmetros:

- a) **Propriedades físico-químicas das matérias** (inflamabilidade, toxicidade, estado físico, volatilidade);

b) **Cenários-tipo de acidente:** fuga, derrame, incêndio, explosão, libertação de vapores tóxicos;

c) **Condições meteorológicas médias da região,** com especial atenção a:

- ❖ Temperatura (25°C no verão, 5°C no inverno),
- ❖ Direção e velocidade média do vento (10 nós, predominantemente de noroeste),
- ❖ Frequência de chuva (alta no outono/inverno, baixa no verão),
- ❖ Cobertura de nuvens e humidade relativa.

### 3.3.2 Estimativa de Área Potencialmente Afetada e Efeitos Previsíveis

A tabela 6 abaixo, resume a avaliação dos efeitos esperados em caso de libertação accidental para cada substância perigosa presente no TGL. Esta estimativa foi construída com base em critérios de toxicidade, potencial de dispersão atmosférica, reatividade química e efeitos sobre a saúde humana e o ambiente, considerando ainda a influência das condições meteorológicas descritas anteriormente.

Tabela 6 - Estimativa dos Efeitos Potenciais por Substância Perigosa no Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro

<b>Substância</b>	<b>Tipo de Acidente Provável</b>	<b>Área Estimada de Afetação (m<sup>2</sup>) *</b>
<i>Formol</i>	Fuga / Derrame	500 – 2000
<i>Metanol</i>	Incêndio / Fuga	1000 – 3000
<i>Anilina</i>	Fuga/ Exposição tóxica	300 – 1500
<i>Gasóleo</i>	Fuga / Incêndio	2000 – 4000
<i>Gasolina</i>	Incêndio / Explosão	3000 – 6000
<i>Etanol</i>	Incêndio / Fuga	1500 – 3500
<i>Cloreto de vinilo</i>	Fuga de gás / Explosão	5000 – 15000
<i>Benzeno</i>	Fuga / Exposição tóxica	1000 – 4000
<i>Isocianatos</i>	Fuga / Exposição tóxica	300 – 1000
<i>Soda cáustica</i>	Fuga / Contato químico	100 – 500
<i>Ácido sulfúrico</i>	Fuga / Queimaduras químicas	200 – 700
<i>Óleos vegetais</i>	Fuga / Incêndio leve	500 – 2000
<i>Ureia</i>	Fuga / Contaminação	100 – 300
<i>AdBlue</i>	Fuga	100 – 300
<i>Butano</i>	Fuga de gás / Explosão	5000 – 20000
<i>Propano</i>	Fuga de gás / Explosão	5000 – 20000
<i>Biodiesel</i>	Fuga / Incêndio	1500 – 4000

\*Estimativas realizadas com base em modelações simplificadas e literatura técnica (EPA, 2023). A área poderá ser maior em caso de vento forte ou temperatura elevada.

A avaliação dos efeitos potenciais permite compreender a magnitude dos impactos que um incidente no Terminal de Granéis Líquidos pode gerar, tanto no plano da saúde pública como no ambiente envolvente. Esta análise, ao integrar variáveis meteorológicas e as propriedades das matérias perigosas, fornece uma base sólida para identificar os elementos vulneráveis nas imediações do terminal. A seguir, procede-se à caracterização das Infraestruturas críticas, população exposta e limitações operacionais que influenciam diretamente a capacidade de resposta e mitigação em caso de emergência.

### 3.4 Identificação de Vulnerabilidades Locais

A identificação das vulnerabilidades locais nas imediações do TGL do Porto de Aveiro é essencial para a correta avaliação do risco e para o planeamento de medidas de mitigação e resposta a emergências. Esta análise incide sobre a proximidade de Infraestruturas críticas, vias de acesso, zonas habitacionais e áreas sensíveis do ponto de vista ambiental e socioeconómico.

#### 3.4.1 Infraestruturas Críticas e Equipamentos Sensíveis

Nas imediações diretas do TGL encontram-se diversas Infraestruturas estratégicas que, em caso de acidente grave, podem ser severamente afetadas:

- a) **Infraestruturas portuárias essenciais**, como terminais logísticos, armazéns, estações de bombagem e zonas de carga e descarga de matérias perigosas.
- b) **Instalações das empresas Seveso de categoria superior**, cuja proximidade aumenta o risco de efeitos em cascata, nomeadamente as localizadas na zona do porto, adjacente ao TGL.
- c) **Instalações Industriais não Seveso**, mas com relevância operacional e risco associado, como a **CS Wind**, dedicada à produção de torres eólicas de grande escala, onde atividades como soldadura, movimentação de cargas pesadas e armazenagem de combustíveis industriais aumentam a exposição em caso de acidente químico ou explosivo;

- d) **Instalações de apoio operacional**, sede da Administração do Porto de Aveiro, a Polícia Marítima, a Capitania e os serviços da Autoridade Portuária.
- e) **Unidades de abastecimento de combustíveis**, cuja exposição a fontes de calor ou pressão pode gerar reações em cadeia.

### 3.4.2 Vulnerabilidades Populacionais

A população presente nas imediações do Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro é heterogénea, incluindo residentes, trabalhadores industriais, visitantes e turistas. Esta diversidade de perfis populacionais, associada à proximidade com a zona portuária e industrial, contribui para diferentes níveis de exposição e vulnerabilidade perante um cenário de emergência. A rápida propagação de efeitos em acidentes com matérias perigosas pode comprometer a segurança de grupos mais sensíveis e dificultar ações eficazes de evacuação ou confinamento.

- a) Existem áreas residenciais e de uso misto próximas ao porto, incluindo núcleos urbanos e zonas habitacionais com concentração de grupos vulneráveis, como idosos e crianças;
- b) A presença de trabalhadores portuários e industriais em turnos variados aumenta a exposição em horários diversos, dificultando a rápida evacuação em caso de emergência;
- c) A ausência de um sistema de alerta eficaz e específico para a população local pode comprometer a rápida reação e proteção da comunidade;
- d) Populações das localidades de Gafanha da Nazaré e Gafanha da Encarnação, situadas a menos de 3 km do terminal, podem ser afetadas em caso de libertação atmosférica de matérias tóxicas, especialmente com vento forte de noroeste;
- e) Utilizadores ocasionais e turistas, sobretudo em épocas de maior movimento na orla costeira adjacente ao complexo portuário, aumentam a variabilidade e o desafio da gestão de riscos.

### 3.4.3 Acessibilidades e Vias de Evacuação

A eficácia da resposta a uma emergência no TGL depende muito da qualidade das acessibilidades e da existência de vias de evacuação funcionais. O porto está inserido numa malha logística complexa, com articulação entre rodovia, ferrovia e transporte marítimo, o que requer uma gestão coordenada para assegurar a mobilidade em cenários críticos. No entanto, algumas limitações estruturais e operacionais comprometem a fluidez da evacuação e o acesso dos meios de socorro.

- a) As principais vias de acesso e saída da zona portuária são limitadas e, em situações de emergência, podem sofrer bloqueios devido a veículos ou pela própria ocorrência do acidente;
- b) A A25, via principal que liga o Porto de Aveiro ao restante território nacional, cruza áreas próximas à zona industrial e pode ser impactada por nuvens tóxicas ou restrições de circulação;
- c) A rede viária interna do porto, embora estruturada, pode rapidamente congestionar em cenários de evacuação ou operações de emergência, especialmente se houver múltiplos incidentes;
- d) A existência de poucos corredores de evacuação seguros limita a eficácia da retirada de trabalhadores e da intervenção de meios de socorro externos;
- e) A integração entre acessos rodoviários, ferroviários e marítimos requer monitorização e coordenação para assegurar a mobilidade eficiente em cenários de crise.

### 3.4.4 Resposta de Emergência e Recursos Operacionais

A resposta a emergências no TGL do Porto de Aveiro depende também da disponibilidade, proximidade e prontidão dos meios operacionais externos, uma vez que o porto não dispõe de corpo próprio de bombeiros portuários. Esta lacuna constitui uma vulnerabilidade crítica, tendo em conta os riscos associados às cargas manipuladas, nomeadamente matérias inflamáveis, tóxicas e corrosivas. A eficácia da resposta depende da articulação entre várias entidades e da antecipação dos constrangimentos logísticos.

- a) Os meios de combate a incêndios e de resposta a emergências químicas dependem principalmente dos Corpos de Bombeiros Voluntários, sendo que o quartel mais próximo está situado a cerca de 8,8 km, com um tempo médio de chegada de aproximadamente 12 minutos com veículos pesados, em condições normais de tráfego, dependendo também da hora do dia em que ocorre o acidente;
- b) A ausência de uma equipa dedicada no porto aumenta o tempo de resposta inicial, podendo comprometer o controlo rápido de cenários de escalada rápida, como explosões ou derrames com risco de contaminação;
- c) Em incidentes de grande escala ou com múltiplos focos, a capacidade dos meios locais (brigadas das empresas) poderá revelar-se insuficiente, exigindo reforço externo e o acionamento de planos especiais de emergência;
- d) A existência de um plano de coordenação entre o Porto de Aveiro, a Proteção Civil Municipal e os bombeiros da região são essenciais para garantir respostas articuladas e céleres;
- e) A especialização dos operacionais em ambientes industriais e matérias perigosas deve ser reforçada por ações regulares de formação e exercícios de simulacros multissetoriais;
- f) A carência de uma central de monitorização e controlo, no interior do porto dificulta a gestão imediata das operações em terreno e a supervisão direta dos cenários mais críticos.

### **3.4.5 Propagação dos Efeitos sobre o Terminal Ferroviário e Operadores Logísticos**

O Terminal Ferroviário e os operadores logísticos localizados na envolvente direta do TGL representam componentes críticos da cadeia de transporte e distribuição de mercadorias associada ao Porto de Aveiro. A sua proximidade física ao TGL torna-os particularmente vulneráveis aos efeitos diretos e indiretos de um acidente grave, como incêndios, explosões ou libertação de matérias perigosas. Qualquer dano destas Infraestruturas poderá gerar

impactos económicos, operacionais e ambientais significativos, além de agravar a complexidade da resposta de emergência.

- a) **O terminal ferroviário** encontra-se inserido na mesma zona logística do TGL e é fundamental para o transporte intermodal, estando exposto à propagação de efeitos como calor radiante, ondas de choque ou nuvens tóxicas em caso de incidente maior;
- b) **Os operadores logísticos instalados nas imediações** utilizam armazéns, plataformas e corredores de circulação comuns, o que aumenta o risco de contaminação cruzada e bloqueio operacional em situações de emergência;
- c) **A eventual interrupção dos serviços ferroviários ou das cadeias logísticas integradas** poderá gerar perdas económicas substanciais e comprometer o fornecimento a indústrias dependentes destas rotas;
- d) **A escassez de barreiras físicas de contenção** entre zonas de alto risco (como o TGL) e as áreas logísticas e ferroviárias contribui para a ampliação da área de influência de um acidente;
- e) **É essencial a existência de planos de contingência interligados** entre operadores, gestores de infraestrutura e autoridades portuárias, de forma a garantir a segurança das pessoas, a proteção das mercadorias e a continuidade operacional;
- f) **A partilha de informação e a realização de exercícios conjuntos** de simulacros de acidentes são medidas fundamentais para preparar os diferentes intervenientes para cenários de crise.

#### **3.4.6 Fragilidades Ambientais e Ecossistemas Sensíveis**

A envolvente natural ao TGL apresenta características ambientais únicas, mas igualmente vulneráveis. A proximidade da Ria de Aveiro e de zonas de elevada sensibilidade ecológica torna esta área particularmente suscetível a impactos severos e duradouros em caso de acidente envolvendo matérias perigosas. A dispersão de poluentes, tanto atmosféricos como aquáticos, poderá afetar a biodiversidade, os recursos hídricos e os

serviços ecossistémicos, com implicações ambientais, económicas e reputacionais relevantes para a região.

- a) A Ria de Aveiro, situada a escassos metros do terminal químico, representa um ecossistema vulnerável à contaminação por derrames, especialmente de hidrocarbonetos e matérias corrosivas;
- b) Zonas de sapal e habitats protegidos adjacentes podem sofrer alterações irreversíveis em caso de acidente químico com dispersão aquática;
- c) O impacto ambiental prolongado nestes ecossistemas sensíveis aumenta a urgência de medidas preventivas e ações rápidas de contenção.
- d) Existem áreas residenciais e de uso misto próximas ao porto, incluindo núcleos urbanos e zonas habitacionais com concentração de população vulnerável, como idosos e crianças;
- e) A presença de trabalhadores portuários e industriais em turnos variados aumenta a exposição em horários diversos, dificultando a rápida evacuação em caso de emergência;
- f) A ausência de um sistema de alerta eficaz e específico para a população local pode comprometer a rápida reação e proteção da comunidade.

A identificação detalhada das vulnerabilidades locais revela pontos críticos que requerem atenção prioritária, seja através da implementação de medidas preventivas rigorosas, do desenvolvimento de planos de contingência específicos ou da promoção de uma articulação operacional eficaz entre todas as entidades intervenientes. A incorporação destas análises no planeamento de emergência do porto de Aveiro é fundamental para aumentar a resiliência do sistema logístico, salvaguardar a segurança da população e minimizar os impactos ambientais, garantindo uma resposta integrada, rápida e eficaz perante eventuais incidentes.

## 4. Tipologia dos Riscos Associados ao Terminal Químico

Este subcapítulo analisa os principais riscos associados às operações no TGL do Porto de Aveiro, com especial enfoque nos riscos tecnológicos, ambientais e operacionais. A análise integra a avaliação das matérias perigosas manipuladas no terminal, as condições meteorológicas prevaletentes, a cartografia de risco e a modelação de cenários de acidente. Os riscos identificados decorrem, fundamentalmente, das atividades de movimentação, armazenamento e processamento de matérias perigosas, agravados por vulnerabilidades estruturais e pela complexidade ambiental e operacional do espaço portuário.

### 4.1 Riscos Químicos e Tecnológicos

A presença de unidades Seveso de categoria superior no TGL do Porto de Aveiro acentua significativamente a complexidade dos riscos associados às suas operações. A manipulação, o armazenamento e o transporte de grandes volumes de matérias perigosas potenciam cenários de emergência de elevada gravidade. Estas matérias apresentam diferentes graus de periculosidade, com capacidade para originar incêndios, explosões ou libertações de gases tóxicos. Os principais riscos tecnológicos e químicos identificados são resumidos na tabela 7.

Tabela 7 - Principais Riscos Químicos e Tecnológicos no TGL do Porto de Aveiro

<b>Substância</b>	<b>Tipo de Risco</b>	<b>Descrição do Risco</b>
<b>Formol</b>	Cancerígeno	Exposição prolongada pode causar cancro; irritação das vias respiratórias e da pele.
<b>Metanol</b>	Inflamável / Tóxico	Altamente inflamável; ingestão ou inalação pode causar intoxicação severa e cegueira.
<b>Anilina</b>	Tóxico / Corrosivo	Tóxico por inalação, ingestão e contato; pode causar danos ao sangue e ao fígado; corrosivo para a pele.
<b>Gasóleo</b>	Inflamável / Tóxico	Inflamável; pode causar irritação e toxicidade por aspiração.
<b>Gasolina</b>	Inflamável / Explosivo	Altamente inflamável e explosiva; vapores tóxicos.
<b>Etanol</b>	Inflamável / Irritante	Inflamável; pode causar irritação ocular e da pele.
<b>Cloreto de vinilo</b>	Cancerígeno / Explosivo	Gás inflamável; exposição crônica pode causar cancro; risco de explosão em concentrações altas.
<b>Benzeno</b>	Cancerígeno / Mutagénico	Tóxico e cancerígeno; pode causar mutações genéticas.
<b>Isocianatos</b>	Sensibilizante	Pode causar alergias respiratórias e dérmicas; tóxico em inalação prolongada.

<b>Soda cáustica</b>	Corrosivo	Causa queimaduras graves na pele e olhos; corrosivo para materiais orgânicos.
<b>Ácido sulfúrico</b>	Corrosivo / Irritante	Pode causar queimaduras severas e danos respiratórios se inalado.
<b>Oleos vegetais</b>	Inflamável leve	Inflamável em certas condições; pode causar poluição ambiental.
<b>Ureia</b>	Irritante	Pode causar irritação na pele e mucosas em contato direto.
<b>AdBlue</b>	Irritante leve	Pode causar irritação leve em contato com a pele e olhos.
<b>Butano</b>	Inflamável / Explosivo	Gás altamente inflamável e explosivo em ambientes confinados.
<b>Propano</b>	Inflamável / Explosivo	Similar ao butano, risco de explosão e incêndio.
<b>Biodiesel</b>	Inflamável	Inflamável, porém, menos que diesel convencional.

Na tabela 8, apresenta-se um resumo das principais matérias perigosas presentes no Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro, destacando os riscos químicos e tecnológicos associados a cada uma, os limites máximos recomendados em partes por milhão (PPM), os seus efeitos na saúde humana, bem como a magnitude dos impactos estruturais causados por ondas de choque resultantes de explosões.

Tabela 8 - Principais Matérias Perigosas no Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro e seus Riscos

<b>Substância</b>	<b>Limite de Exposição (ppm)</b>	<b>Raio da Onda de Choque (m)</b>	<b>Efeitos da Onda de Choque</b>
<b>Formol</b>	0,75	15	Danos estruturais moderados em edificações
<b>Metanol</b>	200	20	Quebras de vidro, danos em estruturas leves
<b>Anilina</b>	5	10	Danos localizados, possível risco para pessoas próximas
<b>Gasóleo</b>	Não aplicável	25	Danos em materiais inflamáveis próximos
<b>Gasolina</b>	300	30	Danos estruturais significativos, risco de incêndio
<b>Etanol</b>	1000	20	Danos leves a moderados em edifícios
<b>Cloreto de vinilo</b>	1	40	Danos graves e risco de ferimentos
<b>Benzeno</b>	1	15	Danos moderados e risco toxicológico
<b>Isocianatos</b>	0,05	10	Danos leves, efeitos tóxicos respiratórios

<b>Soda cáustica</b>	Não aplicável	5	Danos localizados devido a explosão química
<b>Ácido sulfúrico</b>	Não aplicável	7	Danos localizados por explosão química
<b>Oleos vegetais</b>	Não aplicável	10	Danos menores, risco de incêndio
<b>Ureia</b>	Não aplicável	5	Danos locais mínimos
<b>AdBlue</b>	Não aplicável	5	Danos locais mínimos
<b>Butano</b>	800	50	Danos severos, alto risco de explosão
<b>Propano</b>	1000	50	Danos severos, alto risco de explosão
<b>Biodiesel</b>	Não aplicável	20	Danos moderados, risco de incêndio

Para uma compreensão mais detalhada dos riscos associados às matérias perigosas presentes no TGL do Porto de Aveiro, apresenta-se a seguir na tabela 9 e tabela 10, uma caracterização das principais matérias em termos de limites de exposição toleráveis, faixa de irradiação térmica, toxicidade, estabilidade química, possibilidade de explosão, impacto ambiental e população exposta. Esta informação é fundamental para a avaliação do potencial risco e para o planeamento eficaz das medidas de prevenção e resposta a emergências.

Tabela 9 - Características e Impactos das Matérias Perigosas no TGL do Porto de Aveiro

<b>Substância</b>	<b>Limite PPM (Tolerável)</b>	<b>Faixa de Irradiação Térmica (m)</b>	<b>Nível de Toxicidade e</b>	<b>Estabilidade Química</b>
<b>Formol</b>	0,75	10 – 20	Médio	Estável
<b>Metanol</b>	200	15 – 25	Alto	Estável
<b>Anilina</b>	5	5 – 15	Muito alto	Instável
<b>Gasóleo</b>	Não aplicável	20 – 30	Baixo	Estável
<b>Gasolina</b>	300	30 – 50	Alto	Estável
<b>Etanol</b>	1000	15 – 30	Médio	Estável
<b>Cloreto de vinilo</b>	1	40 – 60	Muito alto	Instável
<b>Benzeno</b>	1	10 – 20	Muito alto	Estável
<b>Isocianatos</b>	0,05	5 – 10	Alto	Instável
<b>Soda cáustica</b>	Não aplicável	Não aplicável	Baixo	Estável
<b>Ácido sulfúrico</b>	Não aplicável	5 – 10	Alto	Estável
<b>Oleos vegetais</b>	Não aplicável	10 – 20	Baixo	Estável
<b>Ureia</b>	Não aplicável	Não aplicável	Baixo	Estável
<b>AdBlue</b>	Não aplicável	Não aplicável	Baixo	Estável
<b>Butano</b>	800	50 – 80	Médio	Estável
<b>Propano</b>	1000	50 – 80	Médio	Estável
<b>Biodiesel</b>	Não aplicável	20 – 30	Baixo	Estável

Tabela 10 - Características e Impactos Matérias Perigosas TGL do Porto de Aveiro

<b>Substância</b>	<b>Possibilidade de Gás/ Vapor Explosivo</b>	<b>Impacto Ambiental Potencial</b>	<b>População Exposta (Estimativa)</b>
<i>Formol</i>	Não	Moderado	Média
<i>Metanol</i>	Sim	Alto	Alta
<i>Anilina</i>	Não	Alto	Média
<i>Gasóleo</i>	Sim	Moderado	Alta
<i>Gasolina</i>	Sim	Alto	Alta
<i>Etanol</i>	Sim	Moderado	Alta
<i>Cloreto de vinilo</i>	Sim	Alto	Média
<i>Benzeno</i>	Sim	Alto	Média
<i>Isocianatos</i>	Não	Moderado	Baixa
<i>Soda cáustica</i>	Não	Baixo	Baixa
<i>Ácido sulfúrico</i>	Não	Alto	Média
<i>Óleos vegetais</i>	Não	Baixo	Baixa
<i>Ureia</i>	Não	Baixo	Baixa
<i>AdBlue</i>	Não	Baixo	Baixa
<i>Butano</i>	Sim	Alto	Média
<i>Propano</i>	Sim	Alto	Média
<i>Biodiesel</i>	Não	Moderado	Baixa

#### 4.2 Riscos Ambientais e Meteorológicos

O TGL está também sujeito a diversos riscos ambientais e meteorológicos que podem comprometer a segurança das operações portuárias e aumentar significativamente o potencial de ocorrência de acidentes secundários ou agravados. Entre os principais riscos identificados destacam-se:

- a) Eventos meteorológicos extremos, como ventos fortes, tempestades intensas e subida do nível do mar, que podem danificar Infraestruturas críticas, comprometendo a estabilidade das embarcações atracadas e dificultar as operações de carga e descarga.
- b) Dispersão atmosférica de matérias perigosas, provocada por ventos fortes ou precipitação intensa, aumentando a área de exposição a agentes tóxicos e o impacto ambiental de eventuais libertações acidentais.
- c) Risco de inundações (ilustração 6) e galgamento costeiro (ilustração 5), que pode afetar zonas operacionais e de armazenamento, contaminando solos e recursos hídricos e dificultando a evacuação e resposta operacional.

Estas vulnerabilidades ambientais e meteorológicas devem ser incorporadas na modelação de cenários de risco e nos planos de emergência do terminal, garantindo uma abordagem preventiva e adaptativa às alterações climáticas e aos fenómenos extremos.

### 4.3 Riscos Operacionais e de Infraestruturas

As atividades desenvolvidas neste terminal, cuja área total é de aproximadamente 0,79 km<sup>2</sup> (medido em mapa PNRRC), apresentam riscos operacionais significativos, associados quer ao funcionamento dos sistemas técnicos, quer à própria configuração das Infraestruturas. Entre os principais riscos destacam-se:

- a) Falhas em equipamentos críticos, como válvulas, bombas, sistemas de contenção e estruturas de carga/descarga, que podem originar, derrames, incêndios ou explosões, especialmente em operações com matérias inflamáveis e tóxicas.
- b) Formação de atmosferas explosivas (zonas ATEX), resultantes da libertação de vapores ou gases inflamáveis, particularmente em condições de ventilação reduzida ou falhas operacionais, exigindo a aplicação rigorosa das diretivas ATEX (Atmosphères Explosibles) e medidas de prevenção de ignição.

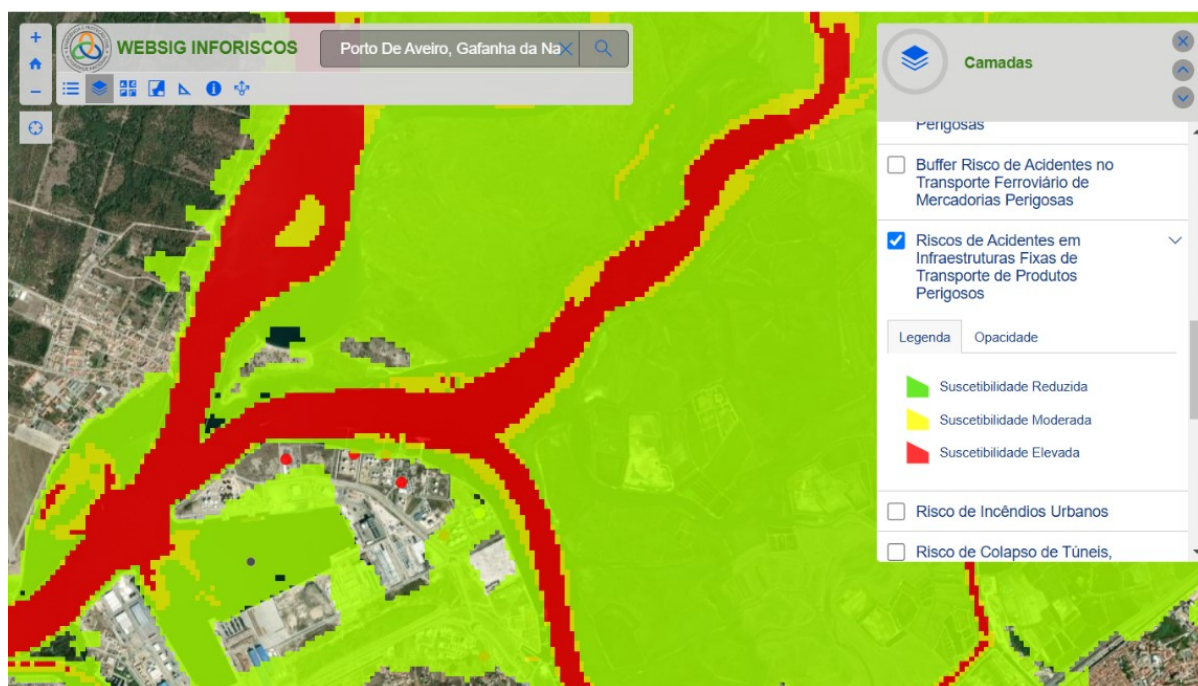


Ilustração 5 - Mapa de Riscos de Inundações e Galgamento Costeiro. Fonte - WEBSIG INFORISCOS

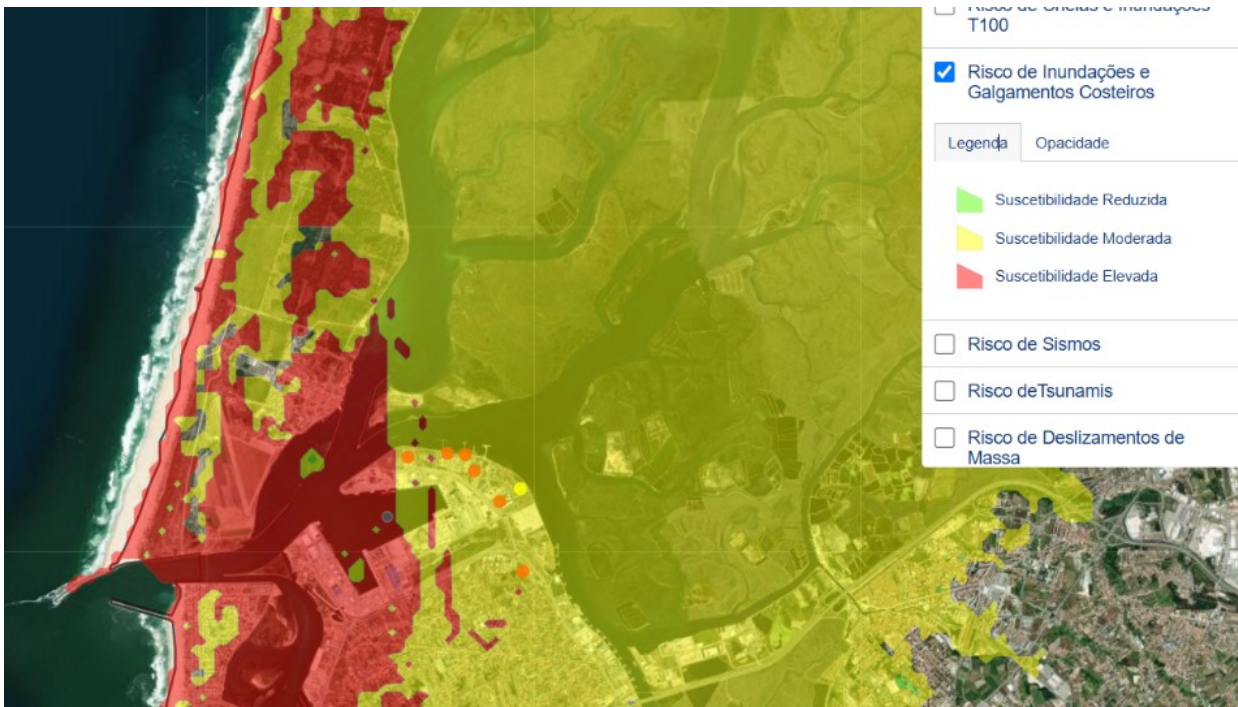


Ilustração 6 - Mapa Riscos Cheias e Inundações - Fonte: WEBSIG INFORISCOS

Estes riscos operacionais e infraestruturais impõem a necessidade de uma abordagem integrada de gestão de segurança e emergência, baseada em:

- a) Prevenção técnica e procedimental, incluindo manutenção preditiva e inspeções regulares a sistemas críticos.
- b) Monitorização contínua e em tempo real de condições operacionais e ambientais.
- c) Capacidade de resposta rápida e articulada perante incidentes, minimizando impactos sobre os trabalhadores, a população envolvente, o ambiente e a continuidade das operações logísticas portuárias.

A ilustração 7 apresenta a delimitação geográfica do TGL, evidenciando a sua extensão e a densidade infraestrutural, permitindo contextualizar a distribuição de riscos nas áreas operacionais.

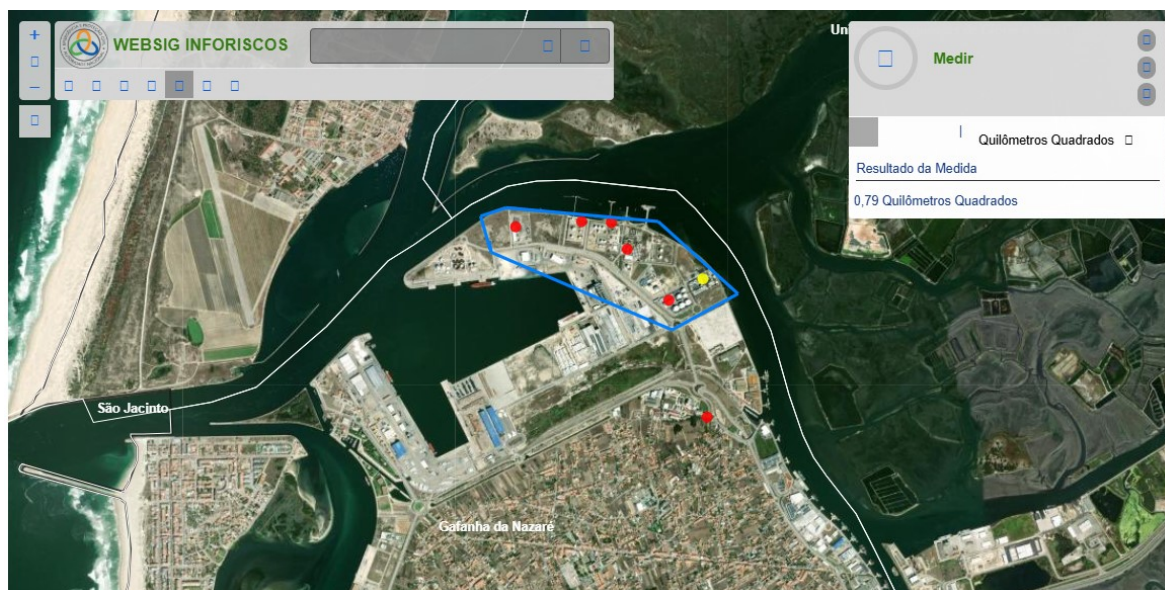


Ilustração 7 - Área do Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro (0,79 km<sup>2</sup>) Fonte - WEBSIG INFORISCOS

#### 4.4 Simulação de Efeitos Térmicos e de Dispersão Química

Esta secção (tabela 11) apresenta uma análise baseada em dados técnicos sobre o potencial de radiação térmica e dispersão química das principais matérias presentes nas instalações do TGL do Porto de Aveiro. Através da simulação de um cenário hipotético envolvendo a libertação de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de substância, foram analisados os seguintes parâmetros:

- Faixa de irradiação térmica (ilustração 8 e ilustração 9);
- Efeitos esperados sobre estruturas, pessoas e ambiente;
- Possibilidade de dispersão atmosférica de gases tóxicos ou inflamáveis;
- Interação com outras unidades industriais, (efeito dominó, desenvolvido na secção 4.5).

Tabela 11 - Efeitos Estimados de Fuga/Explosão 500kg Substância

<b>Substância</b>	<b>Faixa de Irradiação Térmica (m)</b>	<b>Potencial de Nuvem Inflamável/Tóxica</b>	<b>Tipo de Efeito</b>	<b>Impacto Potencial</b>
<b>Formol</b>	10 – 20	Tóxica	Irritação respiratória	Médio, risco à saúde pública
<b>Metanol</b>	15 – 25	Inflamável / Tóxica	Incêndio, intoxicação	Alto, risco de incêndio e saúde

<i>Anilina</i>	5 – 15	Tóxica	Toxicidade sistêmica	Alto, risco grave à saúde
<i>Gasóleo</i>	20 – 30	Inflamável	Incêndio	Moderado, risco ambiental
<i>Gasolina</i>	30 – 50	Inflamável	Incêndio, explosão	Alto, risco severo
<i>Etanol</i>	15 – 30	Inflamável	Incêndio	Moderado a alto
<i>Cloreto de vinilo</i>	40 – 60	Inflamável / Tóxica	Explosão, toxicidade	Alto, risco severo
<i>Benzeno</i>	10 – 20	Tóxica	Toxicidade e cancerígeno	Alto, risco crônico à saúde
<i>Isocianatos</i>	5 – 10	Tóxica	Alergia respiratória	Moderado, risco à saúde
<i>Soda cáustica</i>	Não aplicável	Corrosivo	Queimaduras químicas	Moderado
<i>Ácido sulfúrico</i>	5 – 10	Corrosivo	Queimaduras, irritação	Alto, risco à saúde e estruturas
<i>Óleos vegetais</i>	10 – 20	Inflamável leve	Incêndio leve	Baixo
<i>Ureia</i>	Não aplicável	Baixo risco	Irritação	Baixo
<i>AdBlue</i>	Não aplicável	Baixo risco	Irritação	Baixo
<i>Butano</i>	50 – 80	Inflamável	Explosão, incêndio	Alto, risco severo
<i>Propano</i>	50 – 80	Inflamável	Explosão, incêndio	Alto, risco severo
<i>Biodiesel</i>	20 – 30	Inflamável	Incêndio	Moderado

Estes valores são estimativos com base em literatura técnica e servem para ilustrar (tabela 11) o potencial de risco em caso de acidente. A precisão depende da pressão de armazenamento, temperatura ambiente, ventilação, e barreiras físicas.

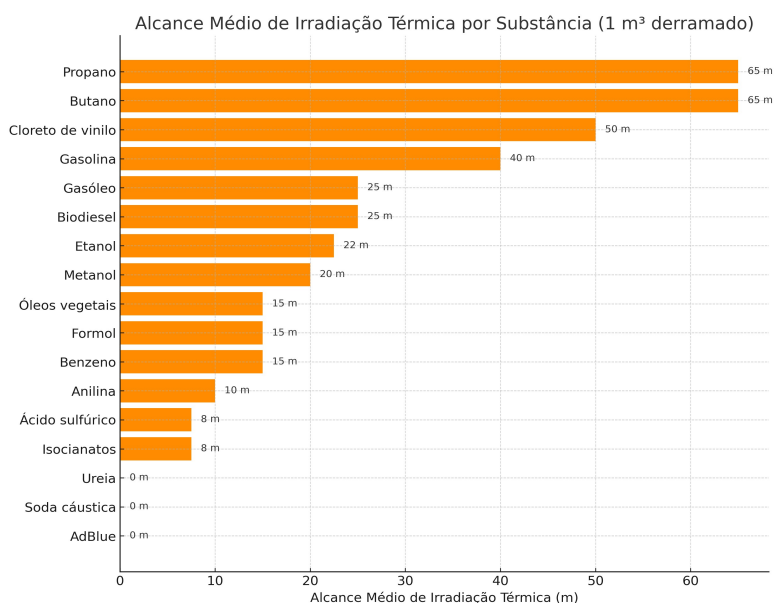


Ilustração 8 - Alcance médio de irradiação térmica para 1m<sup>3</sup> de substância derramada

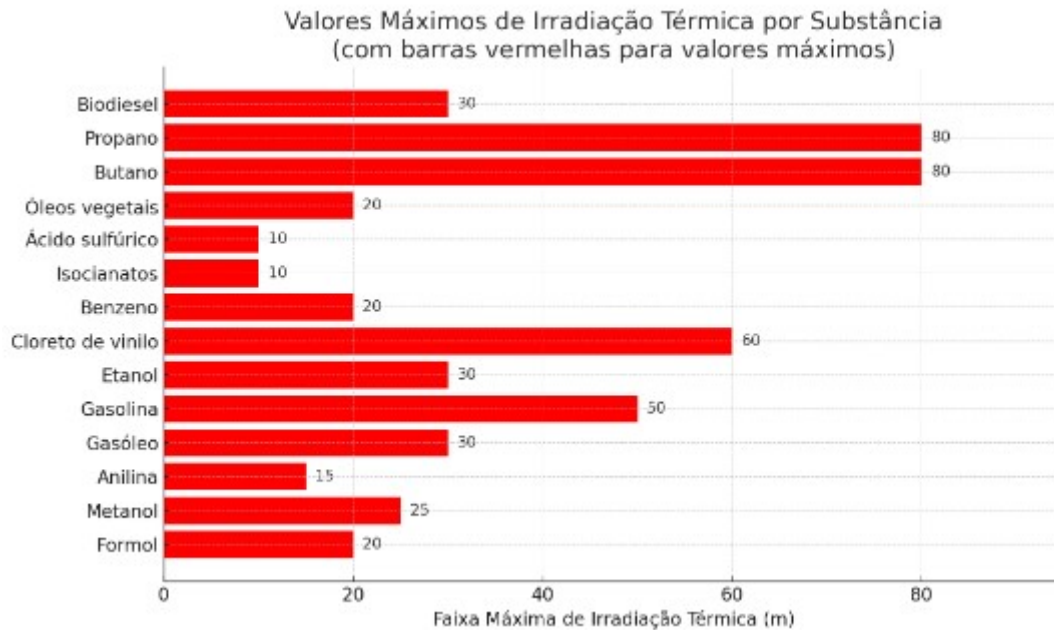


Ilustração 9 - Alcance máximo de irradiação térmica para 1m<sup>3</sup> de substância derramada

#### 4.4.1 Análise dos Efeitos por Substância

- a) **Propano e Butano:** Maior raio de destruição por BLEVE (explosão de tanque pressurizado com chama).
- b) **Gasolina e Metanol:** Propensão de incêndios com radiação intensa e formação de nuvens explosivas.
- c) **Benzeno e Anilina:** Elevada toxicidade inalatória e risco cancerígeno, com necessidade de evacuação em caso de nuvem tóxica.
- d) **Ácido Sulfúrico:** Dispersão em forma de névoa ácida, podendo atingir zonas habitadas consoante a meteorologia.

#### 4.4.2 Cenário Hipotético de Dispersão

Simulação de um acidente com libertação de 1 m<sup>3</sup> de Benzeno:

- a) Formação de nuvem tóxica com dispersão atmosférica (considerando vento a 10 km/h);

- b) População exposta até 500 m;
- c) Potencial de ignição secundária em contacto com faísca ou fonte de calor.

A análise anterior demonstra que mesmo com pequenas quantidades de matérias perigosas, as mesmas podem provocar consequências severas no TGL, justificando a necessidade de planos específicos de contenção, evacuação e aviso à população (ilustração 10), bem como a implementação de sistemas de deteção precoce e resposta rápida. A seguir, será analisado o risco de efeito dominó entre unidades Seveso contíguas, ampliando os potenciais impactos.

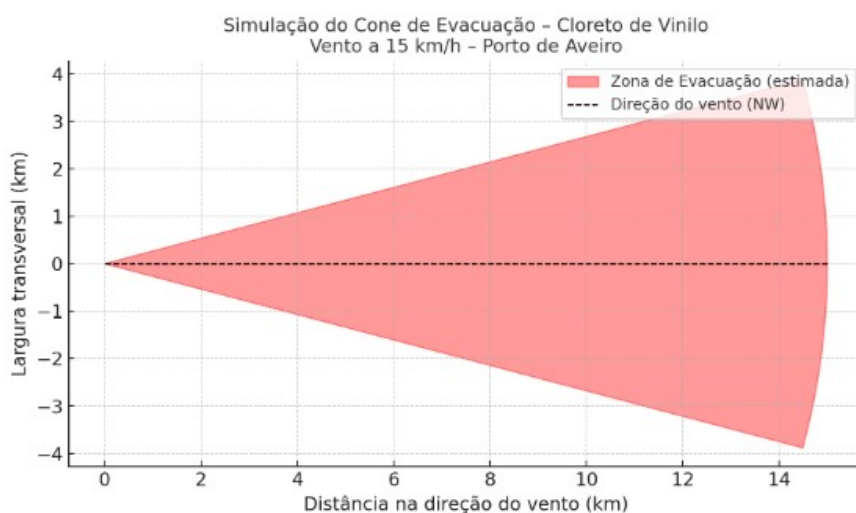


Ilustração 10 - Simulação cone evacuação em Função da Direção do Vento 15km/h no TGL Porto de Aveiro Fonte: IA (ChatGPT e DALL•E, OpenAI, 2025)

#### 4.5 Avaliação do Potencial de Efeito Dominó entre Empresas Seveso

A disposição geográfica das empresas Seveso no Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro (tabela 12) evidencia a possibilidade concreta de ocorrência de cenários de efeito dominó, nomeadamente entre a CIRES, Bondalti e Bresfor (1.<sup>a</sup> unidade), dadas as curtas distâncias entre si (215 m e 230 m) e o tipo de matérias manuseadas. Explosões ou libertações químicas numa destas unidades poderão facilmente desencadear ignições secundárias, libertações tóxicas adicionais ou destruição de Infraestruturas adjacentes, ampliando significativamente os impactos. A Prio Supply e Prio Bio, embora mais afastadas, apresentam risco moderado em função da presença de combustíveis liquefeitos

com potencial BLEVE. Estes dados reforçam a urgência de medidas de contenção, barreiras físicas, sistemas automáticos de deteção e aviso, e estratégias integradas de resposta interempresarial.

#### 4.5.1 Análise do Potencial de Efeito Dominó no TGL do Porto de Aveiro

Dados Base para análise:

- a) Volume do acidente simulado: 1 m<sup>3</sup>
- b) Matérias com maior risco: Metanol, Benzeno, Gasolina, Propano, Butano, Formol
- c) Radiação térmica média estimada: 30 m a 150 m
- d) Onda de choque com dano estrutural/ignição: até 180 m
- e) Possíveis reações: BLEVE, incêndio de massa, toxicidade aérea, libertação explosiva secundária

Tabela 12 - Avaliação Risco Escalada entre Instalações de Matérias Perigosas no TGL.

Nº	Ligação entre Instalações	Distância (m)	Potencial de Efeito Dominó	Justificação Técnica
1	RNM/TQA → Digal	530 m	Moderado	Fora do alcance térmico direto, mas possível envolvimento por dispersão de gases/vapores inflamáveis e reações químicas.
2	Digal → CIRES	455 m	Moderado	Embora ligeiramente acima do raio térmico, a curta distância entre tanques com químicos pode permitir propagação por dispersão ou incêndio prolongado.
3	CIRES → Bondalti	215 m	Elevado	Distância crítica: dentro do raio térmico e compatibilidade química significativa entre matérias armazenadas.
4	Bondalti → Bresfor	230 m	Elevado	Zona de sobreposição de riscos térmicos e químicos (formol, ácidos, combustíveis).
5	Bresfor → Prio Supply	450 m	Moderado	Fora do raio térmico, mas dispersão gasosa ou incêndio prolongado pode atingir a unidade.
6	Prio Supply → Prio Bio	275 m	Elevado	Distância curta entre unidades de combustíveis, com alto risco de

				deflagração em cadeia.
7	<b>Prio Supply → Bresfor (2)</b>	850 m	Muito baixo	Unidade fora do TGL, fora de alcance térmico e químico direto. Pode ser incluída em PEE como zona periférica de vigilância.

Além da análise individual por pares apresentada na tabela 12, é pertinente destacar algumas ligações entre instalações que, pela curta distância e características das matérias manuseadas, apresentam risco significativo de propagação em cascata. A tabela 13 resume as ligações mais relevantes e o seu grau de criticidade.

Tabela 13 - Avaliação Simplificada do Potencial de Efeito Dominó entre Pares de Empresas Seveso no Terminal de Granéis Líquidos.

<b>Par de Empresas</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Matérias Envolvidas</b>	<b>Risco Estimado</b>	<b>Justificação</b>
<b><i>CIRES → Bondalti</i></b>	215	Metanol, Matérias inflamáveis	Alto	Dentro do raio térmico e químico direto
<b><i>Bondalti → Bresfor (1.ª unidade)</i></b>	230	Formol, Anilina	Alto	Propagação térmica e tóxica viável
<b><i>Prio Supply → Prio Bio</i></b>	275	Propano, Gasóleo	Moderado	BLEVE ou incêndio possíveis de tanques
<b><i>Prio Supply → Bresfor (2.ª unidade)</i></b>	850	Formol	Baixo	Distância elevada, fora do TGL

#### 4.5.2 Pontos Críticos com Maior Potencial de Efeito Dominó

Com os dados recolhidos conclui-se que:

##### 4.5.2.1 Digal → CIRES → Bondalti → Bresfor (1.ª unidade)

a) 530 m → 455 m → 215 m → 230 m

b) Este agrupamento forma um **corredor de risco elevado**:

- i. A proximidade entre as unidades, **especialmente** CIRES – Bondalti – Bresfor, é crítica;

- ii. As empresas trabalham com matérias altamente inflamáveis ou tóxicas, incluindo resinas sintéticas, metanol, formaldeído e ácidos;
- iii. Em caso de explosão (BLEVE, *flash fire*) ou libertação química, é tecnicamente viável que os efeitos térmicos e/ou dispersão gasosa afetem unidades vizinhas, com risco real de efeito em cascata;
- iv. CIREs e Bondalti operam com produtos que aumentam significativamente o potencial de ignição e reação cruzada.

#### **4.5.2.2 Prio Supply → Prio Bio**

- a) Distância: 275 m
- b) Ambas lidam com combustíveis líquidos e gasosos (butano, propano, gasolina, gásóleo);
- c) Apesar da distância moderada, o risco de dominó é plausível em caso de BLEVE ou nuvem inflamável com ignição tardia, especialmente sob vento favorável;
- d) A presença de tanques de grande capacidade agrava a severidade potencial do evento inicial.

#### **4.5.2.3 CIREs → Digal**

- a) Distância: 455 m
- b) Embora a intensidade do efeito térmico direto possa ser mais limitada, há potencial para dispersão de vapores tóxicos ou inflamáveis, afetando as operações da Digal, dependendo das condições atmosféricas;
- c) A Digal pode ser afetada por eventos iniciados na CIREs (libertação de produtos ou incêndio em resinas e solventes).

## 5. Avaliação dos Riscos

A avaliação dos riscos no Porto de Aveiro, nomeadamente nas empresas Seveso situadas na sua área de influência, tem como objetivo identificar, categorizar e propor medidas de mitigação para os principais perigos associados às atividades portuárias e industriais. Para tal, utilizou-se uma matriz de risco que considera a probabilidade de ocorrência e a severidade dos eventos adversos.

### 5.1 Fatores Ambientais e Meteorológicos na Gestão de Riscos

A análise das condições meteorológicas constitui um elemento fundamental na gestão de emergências em ambientes portuários, especialmente em terminais químicos. As variações climáticas influenciam diretamente a dispersão de matérias perigosas, o risco de incêndios, a navegabilidade e a segurança das operações. Eventos meteorológicos extremos, como tempestades intensas, ventos fortes e inundações, podem comprometer Infraestruturas críticas e dificultar a resposta a emergências.

Estas condições adversas elevam o risco de ocorrência de acidentes, o que torna essencial a monitorização contínua e a integração das previsões meteorológicas nos procedimentos operacionais e nos planos de resposta a incidentes.

### 5.2 Matriz de Risco

A categorização dos riscos baseia-se na combinação entre probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, através da matriz de risco apresentada na tabela 14. A matriz permite estabelecer prioridades na gestão das emergências, facilitando a tomada de decisões para a implementação de medidas preventivas e corretivas.

Tabela 14 - Avaliação Geral dos Principais Riscos no Porto de Aveiro

<b>Risco</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Severidade</b>	<b>Classificação</b>
<i>Incêndio industrial</i>	Média	Alta	Elevado
<i>Explosão química</i>	Baixa	Muito alta	Elevado
<i>Fuga tóxico</i>	Média	Alta	Elevado
<i>Efeito dominó</i>	Baixa	Muito alta	Elevado
<i>Falha de monitorização</i>	Alta	Média	Elevado
<i>Riscos meteorológicos</i>	Média	Média	Moderado

Na tabela 15, apresenta-se uma avaliação detalhada dos riscos identificados no Porto de Aveiro e nas empresas Seveso localizadas na sua área de influência. A classificação baseia-se na análise da probabilidade de ocorrência e na severidade das consequências, permitindo a priorização das ações de mitigação e resposta. Esta avaliação é fundamental para a gestão eficaz das emergências, considerando os riscos específicos associados às operações portuárias e industriais.

Tabela 15 - Avaliação Detalhada e Classificação dos Riscos no Porto de Aveiro e Empresas Seveso

<b>Risco</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Severidade</b>	<b>Classificação</b>
<i>Incêndio em empresa Seveso</i>	Média	Alta	Alto
<i>Explosão química com efeito dominó</i>	Baixa	Crítica	Crítico
<i>Falha no sistema de comunicação de emergência</i>	Alta	Média	Alto
<i>Derrame de matérias perigosas</i>	Média	Alta	Alto
<i>Falta de água para combate a incêndios</i>	Baixa	Média	Médio
<i>Colapso estrutural devido a acidente</i>	Baixa	Crítica	Crítico
<i>Inundação causada por eventos climáticos extremos</i>	Média	Média	Médio

A análise detalhada dos riscos permite identificar as áreas que requerem maior atenção e investimento em medidas preventivas. Riscos críticos, como explosões químicas com efeito dominó e colapsos estruturais, requerem estratégias rigorosas de monitorização e resposta coordenada entre as entidades envolvidas.

Em suma a análise sistemática dos riscos associados ao Porto de Aveiro e às empresas Seveso instaladas na sua área evidenciou a complexidade inerente à gestão de emergências em ambientes portuários industriais. A aplicação da matriz de risco permitiu identificar eventos com alta probabilidade e severidade, como incêndios industriais e explosões químicas com efeito dominó, que representam ameaças críticas para a segurança operacional e ambiental.

Constatou-se que, apesar da existência de protocolos operacionais, a ausência de uma gestão integrada e coordenada entre os diferentes intervenientes, nomeadamente as empresas Seveso e os serviços externos de emergência, constitui uma fragilidade estrutural significativa. Esta lacuna operacional limita a eficácia das respostas a incidentes e aumenta a vulnerabilidade do sistema global de gestão de riscos do porto.

Para futuras investigações, recomenda-se o desenvolvimento de modelos quantitativos avançados de avaliação de riscos, que integrem dados operacionais, ambientais e humanos, bem como a implementação de sistemas inteligentes de monitorização em tempo real. Estes avanços poderão contribuir para a otimização da gestão de emergências e para a minimização dos impactos socio-ambientais em contextos portuários complexos.



## **CAPÍTULO V – Interpretação e Discussão dos Resultados**

### **1. Análise Crítica dos Riscos Identificados**

A avaliação dos riscos no TGL do Porto de Aveiro revela vulnerabilidades importantes nas Infraestruturas críticas, com destaque para tanques de armazenamento e sistemas de contenção que carecem de redundância suficiente. Esta falta compromete a eficácia das respostas imediatas a emergências, agravando o potencial de impactos graves em caso de acidente. Adicionalmente, a proximidade física entre as instalações das diversas empresas e as vias de acesso limitadas dificultam a mobilidade e o rápido posicionamento de meios operacionais em situações críticas.

No que diz respeito às empresas instaladas no TGL, destaca-se a presença de vários operadores classificados como nível superior na Diretiva Seveso (Decreto-Lei 150/2015), nomeadamente:

- a) Bondalti Chemicals, S.A.
- b) Bresfor - Indústria do Formol, S.A. (com duas licenças distintas)
- c) Companhia Industrial de Resinas Sintéticas (CIRES), Lda.
- d) PRIO SUPPLY, S.A.
- e) Digal - Distribuição e Comércio, S.A.

Por outro lado, a PRIO BIO, S.A. figura como operador nível inferior, apresentando um risco menor em comparação com os demais.

Importa ainda destacar a empresa RNM - Produtos Químicos, S.A., que não consta da lista de operadores da APA para o terminal químico no Porto de Aveiro, mas é classificada como nível superior no armazenamento de produtos petrolíferos e incluída nos grupos de risco de efeito dominó, o que representa uma incoerência que deve ser avaliada. Esta discrepância na classificação pela APA, que considera certas empresas em tabelas de efeito dominó, mas não as inclui na lista oficial de operadores Seveso para o TGL, levanta

preocupações sobre a fiabilidade e abrangência dos dados utilizados para a gestão de riscos no porto.

A proximidade das instalações, associada à insuficiente segregação física entre áreas de armazenamento de matérias inflamáveis e tóxicas, aumenta o potencial para acidentes em cadeia, ou efeito dominó, que podem resultar em consequências severas para a saúde pública, o meio ambiente e a economia local, conforme destacado pela *European Maritime Safety Agency* (EMSA, 2020).

Além disso, a infraestrutura do terminal apresenta limitações importantes na acessibilidade, especialmente em cenários de emergência, dificultando a mobilização rápida e eficaz dos meios de intervenção. A ausência de redundância em sistemas críticos de contenção e monitorização fragiliza ainda mais a resiliência operacional perante incidentes químicos.

Essas vulnerabilidades técnicas e operacionais evidenciam a necessidade urgente de melhorias estruturais e procedimentais para minimizar os riscos e assegurar a proteção da população e do meio ambiente. Igualmente importante é a melhoria da comunicação e da coordenação entre entidades, incluindo uma revisão e harmonização das informações e classificações disponibilizadas pela APA, para garantir uma avaliação integrada e fidedigna dos riscos.

## **2. Fragilidades Institucionais e Operacionais**

A análise das instituições e mecanismos operacionais envolvidos na gestão de riscos no TGL do Porto de Aveiro revela fragilidades significativas que comprometem a eficácia da resposta a emergências, especialmente perante incidentes de efeito dominó.

Inicialmente, destaca-se a fraca articulação entre a Administração do Porto de Aveiro e as empresas Seveso de categoria superior instaladas no terminal. A ausência de protocolos permanentes de comunicação e a inexistência de planos conjuntos de resposta traduzem-se em lacunas críticas de interoperabilidade. Esta situação é agravada pela escassa participação das empresas em exercícios coordenados de emergência, limitando a preparação coletiva para incidentes complexos e de elevada gravidade. A pouca integração entre as partes envolvidas dificulta a rápida mobilização e a harmonização dos procedimentos necessários para uma resposta eficaz e coordenada.

A falta de uma estrutura formal integrada de comando e gestão de emergência no porto representa uma fragilidade institucional central. Embora existam figuras relevantes, como o Oficial de Segurança Portuária e o Coordenador do Centro de Controlo de Tráfego Marítimo-Portuário, estas funções não abrangem, de forma transversal e eficaz, o planeamento, coordenação e comando operacional das emergências multissetoriais. Esta lacuna estrutural prejudica a capacidade de resposta coordenada e eficiente perante acidentes industriais que possam desencadear efeitos dominó, aumentando os riscos para a população, o ambiente e as Infraestruturas.

Adicionalmente, foi identificada uma lacuna significativa na coordenação entre a administração portuária, as empresas Seveso e as entidades de proteção civil locais. A inexistência de protocolos formais para comunicação e partilha de informação compromete a interoperabilidade e a transparência entre as partes. A partilha limitada de dados essenciais, como inventários detalhados de matérias perigosas, horários operacionais e cenários de risco, dificulta a antecipação e o planeamento estratégico das autoridades responsáveis pela proteção civil. Esta desarticulação operacional reduz a capacidade de execução de medidas preventivas eficazes e a reação rápida e informada face a situações de crise.

Além disso, a falta de exercícios conjuntos, especialmente aqueles que simulam cenários de efeito dominó, contribui para a fragilidade operacional. Estes exercícios são fundamentais para testar e ajustar os procedimentos de resposta integrada, identificar falhas e reforçar a colaboração entre todos os intervenientes.

Em suma, a atual configuração institucional e operacional evidencia fragilidades que aumentam a vulnerabilidade do porto a incidentes graves. Em cenários de efeito dominó, onde a rapidez, a precisão da comunicação e a harmonização de procedimentos são determinantes para mitigar os impactos negativos, a ausência de mecanismos robustos de coordenação representa um risco acrescido. Torna-se imperativa a implementação de protocolos permanentes de comunicação, o estabelecimento de uma estrutura integrada de comando e a realização regular de exercícios conjuntos para garantir uma resposta integrada e eficaz às emergências no TGL do Porto de Aveiro (R.D.J.M. Steenbergen, 2013).

### 3. Análise Comparativa de Boas Práticas e Falhas no Porto de Aveiro

No decorrer das visitas realizadas às empresas Seveso do Porto de Aveiro e das reuniões com gestores portuários e especialistas, foram analisadas as práticas adotadas para a gestão de emergências no Terminal de Granéis Líquidos. Este levantamento permitiu identificar tanto boas práticas implementadas quanto fragilidades estruturais e operacionais que podem comprometer a resposta a incidentes. Apesar dos desafios existentes, algumas práticas demonstram um nível elevado de preparação e conformidade com as normativas de segurança, o que é crucial para a minimização de riscos. No entanto, foram igualmente identificadas falhas que evidenciam a necessidade de melhorias significativas para garantir a eficácia da resposta conjunta.

Na tabela 16, apresenta-se uma comparação entre as boas práticas observadas e as falhas identificadas, permitindo uma visão clara das áreas que requerem intervenção prioritária, bem como dos pontos fortes que podem ser potenciados:

Tabela 16 - Análise Comparativa de Práticas e Fragilidades Operacionais e Institucionais no Porto de Aveiro

<b>Área</b>	<b>Boas Práticas Observadas</b>	<b>Falhas Identificadas</b>
<b><i>Equipas de Resposta Interna</i></b>	Brigadas bem estruturadas e treinadas dentro das empresas Seveso.	Falta de brigadas do Porto de Aveiro de apoio para emergências de grande escala.
<b><i>Centrais de Monitorização</i></b>	Cada empresa possui a sua própria central interna.	Centrais localizadas dentro das zonas críticas, vulneráveis em caso de acidente.
<b><i>Infraestrutura de Combate a Incêndios</i></b>	Sistemas internos de combate a incêndios implementados.	Deficiências nas redes externas de incêndio e ausência de reservas estratégicas de água no Porto.
<b><i>Planeamento e Exercícios</i></b>	Realização de treinos internos periódicos.	Ausência de simulacros conjuntos entre empresas e com entidades externas; falta de exercícios para efeito dominó.
<b><i>Coordenação Integrada e Monitorização</i></b>	Existência de coordenação entre Porto e corpos de bombeiros.	Falta de uma central de monitorização conjunta; lacunas na coordenação entre brigadas internas e bombeiros; desconhecimento sobre recursos interempresas.
<b><i>Comunicação e Coordenação</i></b>	Comunicação interna das empresas sobre os seus próprios riscos.	Ausência de sistema multicanal de comunicação entre todas as entidades do porto, comprometendo a gestão integrada de emergências.
<b><i>Monitorização Externa</i></b>	Monitorização dos próprios riscos por parte das empresas.	Não existe uma central conjunta de monitorização do Porto que integre empresas e entidades externas.
<b><i>Conhecimento dos Recursos Disponíveis</i></b>	Planos de emergência internos e conformidade com normas Seveso.	Falta de conhecimento global sobre recursos e capacidade de resposta coletiva do porto.

### 3.1 Comparação com Boas Práticas Internacionais

A análise das práticas de gestão de emergência em portos de referência na Europa, como os portos de Roterdão e Antuérpia, permite identificar modelos robustos e integrados que podem inspirar melhorias significativas no Porto de Aveiro. Estes portos são reconhecidos pela excelência na coordenação, monitorização e resposta a emergências, especialmente na gestão de riscos associados às empresas Seveso, presentes em suas áreas portuárias.

### 3.2 Modelos de Gestão de Emergência em Portos Europeus

Em Roterdão, a gestão de emergências é integrada na estrutura da *Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond* (Região de Segurança), onde representantes das diversas entidades relevantes, incluindo empresas Seveso, serviços de bombeiros e proteção civil, atuam num sistema de comando conjunto. Este modelo prevê planos de emergência conjuntos, treino regulares e uma sala de crise multidisciplinar, garantindo uma resposta coordenada e eficiente (Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, 2022).

De forma semelhante, o Porto de Antuérpia dispõe da coordenação da gestão de crise partilhada entre os serviços municipais de emergência e a administração portuária, com a existência de um centro de comando portuário integrado e sistemas de aviso à população multicanal, que incluem sirenes, SMS e aplicativos móveis (Antwerp Fire & Emergency Services, 2021). Estes centros operam 24 horas por dia, 7 dias por semana, assegurando monitorização contínua e resposta rápida.

### 3.3 Comparação entre Porto de Aveiro, Roterdão e Antuérpia

Para se visualizar as diferenças entre os portos, apresenta-se a análise comparativa na tabela 17:

Tabela 17 - Comparação dos Elementos de Gestão de Emergência entre os Portos de Aveiro, Roterdão e Antuérpia

<b>Elemento</b>	<b>Porto de Aveiro</b>	<b>Porto de Roterdão</b>	<b>Porto de Antuérpia</b>
<b>Gestor de emergência portuária</b>	Inexistente	Integrado na Veiligheidsregio	Integrado na Antwerp Fire & Emergency Services
<b>Planos conjuntos com empresas Seveso</b>	Parcial ou inexistente	Sim, obrigatório e integrado	Sim, com exercícios anuais

<b>Centro de Comando Portuário</b>	Limitado ao controlo de tráfego	Sala de crise multidisciplinar	Centro de crise partilhado com proteção civil
<b>Exercícios conjuntos, regulares</b>	Escassos	Sim, trianuais ou anuais	Sim, obrigatórios
<b>Sistemas de aviso à população</b>	Limitado	Sim, multicanal e em tempo real	Sim, com SMS, sirenes e apps de emergência

Esta comparação evidencia que o Porto de Aveiro ainda carece de estruturas formais e integradas de gestão de emergência, com limitações na coordenação entre as empresas Seveso, serviços de emergência e autoridades portuárias.

### 3.4 Aspetos Específicos da Gestão e Coordenação

Outra comparação efetuada na tabela 18, focada em áreas específicas de gestão, revela:

Tabela 18 - Comparação das Áreas de Gestão, Monitorização e Resposta a Emergências: Porto de Roterdão vs Porto de Aveiro

<b>Área</b>	<b>Porto de Roterdão</b>	<b>Porto de Aveiro</b>
<b>Gestão e Coordenação</b>	Gerido pela Rotterdam Port Authority, com serviços de navegação seguros e eficientes	Plano de Emergência Interno (PEI) define organização e procedimentos para emergências
<b>Monitorização e Resposta</b>	Responsabilidade pela segurança pública compartilhada com outras entidades	PEI estabelece procedimentos, mas não há central de monitorização conjunta
<b>Infraestrutura de Combate a Incêndios</b>	Informação específica não encontrada	PEI inclui meios materiais para resposta, sem detalhes sobre Infraestruturas específicas
<b>Exercícios e Simulacros</b>	Informação específica não encontrada	Exercícios realizados com Capitania e Polícia Marítima
<b>Comunicação e Coordenação</b>	Coordenação com várias entidades para segurança das operações portuárias	PEI define estrutura, mas sem sistemas de comunicação multicanal detalhados

### 3.5 Gestão Integrada, Monitorização e Normas

Um ponto central na comparação refere-se à gestão integrada e à capacidade de resposta a riscos específicos que se pode observar na tabela 19:

Tabela 19 - Comparação dos Critérios de Gestão Integrada, Sistemas de Monitorização e Regulamentação entre Porto de Aveiro e Porto de Roterdão

<b>Critério</b>	<b>Porto de Aveiro</b>	<b>Porto de Roterdão</b>
<b>Gestão Integrada de Emergências</b>	Coordenação limitada entre empresas Seveso e serviços de emergência	Centro de Controlo Portuário integra todas as empresas Seveso, bombeiros e autoridades

<b><i>Sistemas de Monitorização e Aviso</i></b>	Falta um sistema unificado de aviso à população	Sensores, modelos preditivos e avisos em tempo real à população
<b><i>Risco de Efeito Dominó</i></b>	Empresas Seveso próximas, pouca interação na gestão de riscos	Análises avançadas e simulações para prever cenários de acidentes em cascata
<b><i>Normas e Regulamentações</i></b>	Cumpre a Diretiva Seveso, mas com desafios na fiscalização e implementação	Regulamentações rigorosas, inspeções e auditorias frequentes

### 3.6 Considerações Finais

As práticas adotadas em Roterdão e Antuérpia evidenciam a importância da integração multidisciplinar, do investimento em tecnologias de monitorização em tempo real e da comunicação eficaz com a população. O Porto de Aveiro apresenta oportunidades claras para aprimorar sua gestão de emergências, nomeadamente através da criação de um centro de comando integrado, implementação de planos conjuntos, realização regular de exercícios conjuntos e desenvolvimento de sistemas multicanal de aviso à população.

A incorporação dessas boas práticas contribuirá para aumentar a resiliência, a segurança e a eficiência operacional do Porto de Aveiro, minimizando os riscos associados às atividades portuárias e à presença das empresas Seveso.

## 4. Riscos Dominó: Análise e desafios operacionais

Os acidentes de efeito dominó representam um desafio crítico para a segurança portuária, uma vez que amplificam o impacto de incidentes inicialmente isolados, gerando consequências multissetoriais e de grande escala. No Porto de Aveiro, a proximidade entre instalações que armazenam diversas matérias inflamáveis, tóxicas e explosivas aumenta significativamente o risco de propagação rápida de acidentes, potencializando cenários de escalada rápida de danos.

### 4.1 Empresas Seveso e Risco de Efeito Dominó no Porto de Aveiro

Conforme levantamento da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o Terminal Químico do Porto de Aveiro alberga várias empresas Seveso, incluindo:

- a) **PRIO Bio, S.A.:** Unidade de produção de biodiesel, com capacidade para 113.880 toneladas por ano.

- b) **Terminal no Porto de Aveiro - Digal:** Operador de terminais de granéis líquidos.
- c) **RNM - Produtos Químicos, S.A.:** Armazenamento de produtos de petróleo.
- d) **CIRES - Companhia Industrial de Resinas Sintéticas, Lda.:** Instalações de receção e armazenagem de produtos químicos.

A APA classifica o risco de efeito dominó como de nível superior para as instalações da Digal e RNM, enquanto a PRIO Bio é classificada em nível inferior, e a CIRES não especificou o nível de risco.

#### **4.2 Análise e Desafios da Gestão do Efeito Dominó**

A proximidade destas instalações e a alta concentração de matérias perigosas tornam o Terminal Químico particularmente vulnerável a acidentes em cascata. A falta de um sistema integrado de monitorização em tempo real, bem como a ausência de planos de emergência conjuntos e exercícios regulares envolvendo todas as partes interessadas, limitam a capacidade de resposta rápida e eficaz em caso de evento dominó.

#### **4.3 Propostas de Melhoria para Mitigação do Risco Dominó**

Para fortalecer a segurança e mitigar os riscos de acidentes complexos no Terminal Químico do Porto de Aveiro, recomenda-se:

- a) **Implementação de Sistemas de Monitorização Avançados:** Instalação de sensores para deteção precoce de Fugas e alterações na qualidade do ar, permitindo respostas proactivas e mitigação imediata dos riscos.
- b) **Desenvolvimento de Planos de Emergência Integrados:** Criação de planos coordenados entre todas as empresas Seveso e autoridades locais, com procedimentos claros para situações de efeito dominó, reforçando a cooperação e comunicação entre entidades.
- c) **Realização de Simulações e Exercícios Conjuntos:** Organização periódica de exercícios de simulação envolvendo todas as partes interessadas, para testar

a eficácia dos planos, a articulação entre as entidades e a capacidade de resposta.

- d) Campanhas de Sensibilização e Formação:** Promoção de programas de formação contínua para trabalhadores das empresas Seveso e campanhas de sensibilização para as comunidades locais sobre riscos e procedimentos de segurança.

#### 4.4 Modelos de Análise de Risco

Um dos métodos recomendados para a avaliação do risco no Porto de Aveiro é a **Análise de Riscos Integrada (RAI)**, que combina a análise técnica e humana para prever possíveis falhas e seus impactos. Por exemplo, aplicar a RAI para avaliar a probabilidade de falhas em sistemas críticos como tanques de armazenamento ou sistemas de monitoramento pode ajudar a antecipar cenários de acidentes industriais e melhorar a prevenção.

#### 4.5 Modelos de Avaliação de Risco

A avaliação de risco é uma etapa fundamental para a gestão eficaz de emergências, especialmente em contextos portuários com elevado risco químico, como o Terminal Químico do Porto de Aveiro. Os modelos de avaliação de risco permitem identificar, quantificar e priorizar os perigos, facilitando a tomada de decisões e a implementação de medidas preventivas.

##### 4.5.1 Métodos Quantitativos

Os métodos quantitativos utilizam dados numéricos e modelos matemáticos para estimar a probabilidade e as consequências de acidentes. Entre os principais métodos destacam-se:

- a) Análise de Riscos Integrada (RAI):** A RAI combina a análise de falhas técnicas com fatores humanos e organizacionais, oferecendo uma visão global dos riscos. Este método avalia a probabilidade de falhas em equipamentos, erros operacionais e as consequências potenciais, permitindo uma abordagem abrangente da segurança.

- i. Exemplo no Porto de Aveiro: Aplicação da RAI para avaliar a probabilidade de falha em tanques de armazenamento de produtos perigosos e o impacto dessas falhas em incidentes químicos.
- b) Análise de Consequências (AC):** Este método foca na modelação dos efeitos físicos de acidentes, como explosões, incêndios e Fugas tóxicos, utilizando simulações para prever áreas afetadas e níveis de exposição. Os resultados orientam o desenho de planos de emergência e a definição de zonas de exclusão.
- c) Modelação de Cenários com Vários Evento:** Considera a ocorrência sequencial ou simultânea de múltiplos acidentes, como no efeito dominó, para prever impactos cumulativos e sobreposições de riscos, auxiliando na preparação para eventos complexos.

#### 4.5.2 Métodos Qualitativos

Os métodos qualitativos utilizam informações descritivas para identificar riscos e avaliar sua criticidade, geralmente por meio de matrizes de risco e análises SWOT.

- a) Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA):** Avalia possíveis modos de falha em sistemas e seus efeitos, priorizando os riscos mais críticos para intervenção.
- b) Análise Preliminar de Perigos (APP):** Identifica perigos iniciais em processos e operações, sendo uma ferramenta útil para o desenho preliminar de estratégias de mitigação.

#### 4.5.3 Ferramentas e Tecnologias de Suporte

- a) Sensores e Monitorização em Tempo Real:** Implementação de sensores para detecção precoce de Fugas e alterações ambientais, integrados em sistemas de alerta e gestão de crise.
- b) Sistemas de Informação Geográfica (SIG):** Utilizados para mapear riscos, vulnerabilidades e rotas de evacuação, permitindo uma visão espacial dos cenários de emergência.

- c) **Simuladores e Plataformas de Treino:** Ferramentas digitais que reproduzem cenários de emergência para treino e avaliação de respostas dos intervenientes.

## 5. Estrutura Integrada: Limitações e Referências Internacionais

### 5.1 Contexto e Limitações Atuais

A gestão de emergência em ambientes portuários exige a articulação eficaz entre diferentes entidades operacionais, técnicas e institucionais. No Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro, observa-se a inexistência de uma estrutura formal integrada de comando e gestão de emergência, o que representa uma fragilidade crítica.

Embora existam figuras como o Oficial de Segurança Portuária e o Coordenador do Centro de Controlo de Tráfego Marítimo-Portuário, estas posições não asseguram, de forma transversal, o planeamento, coordenação e comando operacional de emergências multissetoriais, sobretudo em cenários de acidentes industriais com efeito dominó (TNO, 2019).

A interoperabilidade entre a administração portuária e as empresas Seveso de categoria superior é fraca, refletida na ausência de planos conjuntos de resposta, exercícios coordenados e canais permanentes de partilha de informação crítica. Esta realidade compromete a eficácia da resposta a acidentes major, num terminal onde coexistem matérias inflamáveis, tóxicas e explosivas em grandes quantidades.

### 5.2 Sistemas de Monitorização e Aviso à População

O Porto de Aveiro possui sistemas de monitorização e protocolos de aviso à população que podem ser aprimorados:

- a) **Centro de Controlo de Tráfego Marítimo (CCTM):** Responsável pela monitorização do tráfego marítimo e comunicação via canal VHF 74 em caso de incidentes.
- b) **Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Aveiro:** Previsão de mobilização de entidades e organismos para apoio e aviso à população.

### **5.3 Propostas de Melhoria**

Para fortalecer os sistemas de monitorização e aviso à população, recomenda-se:

**a) Implementação de Sistemas de Alerta Avançados:**

- i. Alerta por difusão celular para envio de mensagens em tempo real às populações afetadas.

**b) Integração de Sensores e Monitorização Contínua:**

- i. Instalação de sensores ambientais para deteção precoce de Fugas e alterações na qualidade do ar.
- ii. Monitorização em tempo real com geração automática de alertas.

**c) Desenvolvimento de Protocolos de Comunicação Eficientes:**

- i. Estabelecimento de canais claros entre CCTM, Proteção Civil, autoridades locais e empresas.
- ii. Realização de exercícios regulares para testar e melhorar os protocolos.

**d) Educação e Sensibilização da Comunidade:**

- i. Campanhas informativas e programas de formação contínua.
- ii. Envolvimento da comunidade local no desenvolvimento dos planos.

### **5.4 Métodos Comuns de Aviso à População (PMEPC e PEE Ílhavo)**

- a) Meios de comunicação social (rádios, TV, jornais).
- b) Sistemas de alerta públicos (sirene, altifalantes).
- c) Plataformas digitais (sites, redes sociais, apps).
- d) Mensagens diretas (SMS, notificações push).
- e) Comunicação porta-a-porta, especialmente em áreas de maior risco.

## 5.5 Comparação: PEE de Ílhavo vs Propostas para o Porto de Aveiro

A tabela 20 apresenta uma comparação entre os principais critérios definidos no Plano de Emergência Externo (PEE) de Ílhavo e as propostas estratégicas delineadas para a gestão de emergências no Porto de Aveiro.

Tabela 20 - Comparação entre Critérios do Plano de Emergência Externo de Ílhavo e Propostas para o Porto de Aveiro

<b><i>Critério</i></b>	<b>PEE de Ílhavo</b>	<b>Propostas para o Porto de Aveiro</b>
<b><i>Meios de Comunicação Social</i></b>	Utilização geral de meios como rádio e TV.	Uso específico de rádios locais, TV e meios direcionados ao porto e áreas adjacentes.
<b><i>Sistemas de Alerta Públicos</i></b>	Sirenes e dispositivos sonoros gerais.	Sistema de sirenes específicas para áreas industriais e Seveso, com diferentes tipos de alertas conforme o risco.
<b><i>Plataformas Digitais</i></b>	Avisos gerais em sites oficiais.	Criação de um portal interativo para alertas em tempo real, com atualizações específicas sobre incidentes Seveso.
<b><i>Mensagens Diretas (SMS/Notificações)</i></b>	Não especificado.	Envio de SMS e notificações push direcionadas para áreas de risco, população e trabalhadores do porto.
<b><i>Comunicação Porta-a-Porta</i></b>	Não especificado.	Ações de comunicação porta-a-porta em áreas altamente vulneráveis ou de maior risco, como zonas industriais.
<b><i>Treino e Simulações</i></b>	Simulações gerais, mas não específicas para Seveso.	Realização de exercícios simulados focados em emergências nas empresas Seveso e sua interação com o porto.
<b><i>Planos de Evacuação</i></b>	Planos gerais de evacuação.	Planos detalhados para zonas portuárias e industriais, com roteiros específicos para empresas Seveso e população.
<b><i>Campanhas de Sensibilização</i></b>	Campanhas gerais de informação.	Campanhas direcionadas sobre riscos industriais, importância do aviso à população e conduta em acidentes Seveso.

## 6. Coordenação Integrada e Monitorização de Emergências

A resposta eficaz a situações de emergência no Porto de Aveiro exige uma articulação eficiente entre as autoridades portuárias, os Corpos de Bombeiros e as estruturas de proteção civil municipais e sub-regionais. A ausência de mecanismos centralizados de coordenação e comunicação pode comprometer a segurança da infraestrutura portuária e da população envolvente, especialmente em contextos de risco químico elevado.

### 6.1 Coordenação Integrada com Bombeiros e Autoridades Locais

O modelo de coordenação integrada do Porto de Roterdão constitui uma referência relevante. Nesse porto, um Centro de Comando Integrado assegura a ligação em tempo real

entre as operações portuárias e os serviços de emergência locais, permitindo uma resposta rápida, coordenada e adaptada à complexidade das situações.

No contexto do Porto de Aveiro, a criação de um centro de comando integrado permitiria o cruzamento de dados operacionais, informações sobre o transporte e armazenamento de matérias perigosas, bem como as condições meteorológicas em tempo real. Este modelo contribuiria significativamente para a redução dos tempos de mobilização, para a partilha eficiente de informação entre entidades e para a melhoria da resposta em cenários complexos envolvendo as empresas Seveso de categoria superior presentes no terminal químico-portuário.

## **6.2 Sistema de Alerta Meteorológico Antecipado**

A instalação de um sistema de alerta meteorológico dedicado ao Porto de Aveiro constitui uma medida essencial para antecipar e mitigar os impactos de fenómenos naturais extremos, como tempestades, ventos fortes e inundações. A frequência com que o distrito de Aveiro é afetado por condições meteorológicas adversas justifica a implementação de soluções preventivas que permitam ajustar atempadamente a operação portuária.

A adoção de ferramentas como o sistema europeu Meteoalarm, ou mesmo o desenvolvimento de um sistema personalizado para o contexto portuário aveirense, permitiria uma gestão proactiva do risco. Entre as medidas preventivas destacam-se:

- a) Suspensão temporária das operações de carga e descarga;
- b) Redistribuição estratégica das embarcações em áreas seguras;
- c) Salvaguarda de Infraestruturas críticas.

## **6.3 Sistema de Sensores para Detecção de Fugas**

A introdução de sensores ambientais para a deteção precoce de fugas de matérias perigosas representa uma resposta tecnológica avançada às necessidades de segurança do Porto de Aveiro. A instalação de sensores baseados em tecnologia IoT (Internet of Things) em pontos estratégicos do terminal, particularmente junto às empresas Seveso e zonas de armazenamento de granéis líquidos, permitirá a recolha contínua de dados sobre alterações químicas ou físicas no ambiente.

Experiências de sucesso observadas nos portos de Roterdão e Singapura evidenciam que a utilização de sensores melhora substancialmente os tempos de reação e contribui para mitigar o impacto ambiental e humano em situações de emergência. A integração destes sensores numa rede de monitorização centralizada reforçaria a capacidade de antecipação e resposta das entidades envolvidas.

#### 6.4 Desafios e Soluções

A implementação de um sistema de gestão integrada de emergências no Porto de Aveiro enfrenta um conjunto de desafios técnicos, operacionais e jurídicos que devem ser equacionados:

- a) **Custo elevado de instalação:** A adoção de tecnologias de monitorização, alerta e coordenação requer investimentos significativos. Contudo, a captação de financiamento através de programas europeus de modernização portuária e a criação de parcerias público-privadas pode minimizar este impacto.
- b) **Capacitação das equipas:** A formação contínua é crucial. A realização de exercícios conjuntos entre os serviços de emergência e os operadores portuários contribuirá para a eficiência das respostas.
- c) **Harmonização de protocolos:** A uniformização de procedimentos operacionais e a realização regular de simulacros conjuntos são medidas fundamentais para garantir a eficácia da coordenação entre as partes envolvidas.
- d) **Interoperabilidade dos sistemas:** A integração tecnológica entre diferentes plataformas exige compatibilidade de dados e protocolos de comunicação, o que poderá requerer investimentos em atualização de sistemas.

#### 6.5 Impactos Esperados

A operacionalização das medidas aqui propostas resultaria numa transformação significativa da cultura de segurança e prevenção do Porto de Aveiro. Entre os impactos mais relevantes destacam-se:

- a) **Segurança:** A deteção precoce de fugas e a coordenação eficiente dos meios de resposta aumentariam a proteção da população, dos trabalhadores portuários e do meio ambiente.
- b) **Resiliência:** A instalação de sensores, sistemas de alerta meteorológico e um centro de coordenação permitiria uma maior capacidade de reação a cenários complexos, reduzindo os efeitos de eventos disruptivos.
- c) **Eficiência operacional:** A redução dos tempos de inatividade das operações e a diminuição do risco de acidentes reforçariam a imagem e a competitividade do porto, promovendo maior confiança junto das entidades reguladoras, investidores e comunidade.

## 6.6 Conclusão da Análise

A análise das práticas atuais de gestão de emergências no Porto de Aveiro evidencia progressos importantes a nível das ações internas das empresas Seveso. No entanto, persiste uma lacuna crítica na coordenação interinstitucional, na ausência de Infraestruturas partilhadas e na inexistência de uma central de monitorização comum.

Estas fragilidades, aliadas a falhas nos sistemas de comunicação e à ausência de simulacros integrados, reforçam a necessidade de uma abordagem estratégica e colaborativa. A criação de uma central integrada, aliada ao investimento em sensores, sistemas de alerta e formação contínua, constitui um caminho sustentável e coerente com as exigências da Diretiva Seveso e das melhores práticas internacionais em ambiente portuário.

## **CAPÍTULO VI – Recomendações e Perspetivas Futuras**

### **1. Recomendações**

A análise realizada no âmbito deste trabalho permitiu identificar diversas fragilidades nos mecanismos de gestão de emergência e na articulação entre os agentes intervenientes no contexto do Porto de Aveiro. Foram detetadas insuficiências na integração das empresas Seveso nos Planos de Emergência, na interoperabilidade operacional, na partilha de informação crítica e na capacidade de aviso à população em tempo útil.

Face a estes constrangimentos, este capítulo apresenta um conjunto de recomendações estratégicas orientadas para a mitigação dos riscos identificados e o reforço da resiliência portuária. As medidas propostas abrangem a criação de estruturas dedicadas à coordenação e controlo, o desenvolvimento de sistemas de monitorização e comunicação mais robustos, a institucionalização de uma cultura de planeamento conjunto e a promoção de ações de formação e sensibilização.

Estas recomendações não visam apenas colmatar lacunas técnicas e operacionais, mas também promover uma nova abordagem integrada à segurança portuária, mais adaptada à complexidade dos riscos e mais alinhada com as exigências da Diretiva Seveso III e com as boas práticas internacionais.

#### **1.1 Criação de uma Central Integrada de Monitorização e Controlo de Riscos**

A criação de uma Central Integrada de Monitorização e Controlo de Riscos fora das zonas de risco das empresas Seveso do Porto de Aveiro surge como uma recomendação estratégica essencial para reforçar a segurança e a eficácia na resposta a situações de emergência. A central permitiria consolidar a monitorização dos sistemas de segurança das empresas Seveso de categoria superior localizadas no porto, promovendo uma vigilância contínua, centralizada e eficiente.

### 1.1.1 Justificação da Localização

A instalação da central fora do perímetro de risco das unidades industriais visa garantir a sua resiliência operacional em caso de acidente grave. Uma localização externa reduz a vulnerabilidade da infraestrutura de monitorização a explosões, incêndios, libertações tóxicas ou outros efeitos de acidentes industriais, salvaguardando a continuidade das operações e a segurança dos operadores.

Além disso, a proximidade com o quartel dos Bombeiros Voluntários oferece vantagens adicionais em termos de rapidez na ativação dos meios de resposta e na articulação com o dispositivo de proteção civil local. A central poderá ainda manter uma ligação próxima e colaborativa com as empresas do complexo portuário, permitindo o acesso a dados em tempo real e a partilha de informação crítica para a tomada de decisão.

### 1.1.2 Benefícios de um Sistema Conjunto de Monitorização

A central proposta proporciona diversos benefícios estratégicos:

- a) **Prevenção de Acidentes:** A deteção precoce de falhas ou anomalias operacionais pode evitar incidentes graves, mitigando riscos à saúde pública, ao ambiente e à economia local.
- b) **Resposta Coordenada e Eficaz:** A centralização da informação permite uma gestão integrada das emergências, reduzindo tempos de resposta e garantir uma articulação eficaz entre agentes de proteção civil, empresas e autoridades competentes.
- c) **Aumento da Confiabilidade do Sistema:** O sistema centralizado permite redundância, integridade dos dados e continuidade operacional mesmo perante falhas pontuais nas Infraestruturas locais.
- d) **Racionalização de Recursos e Custos:** Ao evitar a duplicação de sistemas em cada empresa, promove-se uma gestão mais eficiente dos recursos tecnológicos e humanos.

### 1.1.3 Estimativa de Custos e Componentes da Central

Com base na análise preliminar, a estimativa global de investimento para a criação da central situa-se entre os €400.000 e os €1.000.000, dependendo da complexidade da integração dos sistemas, da infraestrutura física necessária e da arquitetura tecnológica adotada.

#### a) Infraestrutura de TI e Comunicações:

- i. **Servidores e Hardware** (com redundância e capacidade de armazenamento de dados sensíveis): €50.000 a €100.000.
- ii. **Sistemas de Comunicação e Redes Seguras** (integração e segurança da ligação com as empresas): €30.000 a €60.000.

#### b) Integração de Sistemas Existentes:

- i. **Software de Integração e Visualização de Dados** (interface operacional, dashboards, interoperabilidade): €150.000 a €300.000.
- ii. **Sistema de Alerta e Notificação à População e Autoridades** (multicanal: SMS, e-mail, sirenes): €50.000 a €100.000.

#### c) Treino e Capacitação:

- i. **Formação Inicial dos Operadores:** €10.000 a €30.000.

#### d) Manutenção e Suporte:

- i. **Suporte Técnico e Atualizações Anuais:** €30.000 a €70.000 (custo recorrente anual).

#### e) Infraestrutura Física e Logística da Central:

- i. **Adaptação do Espaço, Estações de Trabalho, Comunicações:** €20.000 a €50.000.

#### f) Licenciamento e Conformidade Regulatória:

- i. **Custos com Normas Seveso, RGD e outras diretivas aplicáveis:** €5.000 a €15.000.

#### 1.1.4 Fatores de Variabilidade no Custo Final

Os principais fatores que poderão influenciar o custo total do projeto incluem:

- a) **Complexidade da Integração** dos sistemas tecnológicos das diferentes empresas.
- b) **Escalabilidade da Solução**, permitindo futuras integrações de novas empresas ou sensores.
- c) **Requisitos de Segurança e Redundância** tecnológica, física e energética.
- d) **Custo com Certificação e Auditorias conforme** legislação nacional e europeia.

Em suma a implementação de uma central única de monitorização e alerta remota para os sistemas das empresas Seveso no Porto de Aveiro constitui uma medida robusta, eficaz e alinhada com as melhores práticas europeias em gestão de risco industrial. Para além da redução de custos operacionais no longo prazo e do aumento da eficácia da resposta, esta proposta reforça a capacidade do Porto de Aveiro em garantir segurança industrial, proteção ambiental e confiança institucional.

## 1.2 Avaliação da Centralização das Centrais de Monitorização

A tabela 21 apresenta vantagens e desvantagens estratégicas da centralização das centrais Seveso num único sistema de monitorização, considerando as especificidades do Porto de Aveiro.

*Tabela 21 - Avaliação da Centralização das Centrais de Monitorização das Empresas Seveso no Porto de Aveiro:*

<b><i>Critério</i></b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b><i>Coordenação e Resposta</i></b>	Acesso único a informação de risco para ações coordenadas eficazes.	Sobrecarga na central, exigindo mais recursos técnicos e humanos.

<b><i>Monitorização em Tempo Real</i></b>	Vigilância contínua, deteção precoce de incidentes.	Falhas técnicas na central única podem comprometer resposta rápida se não houver redundância.
<b><i>Eficiência na Troca de Informação</i></b>	Facilita o compartilhamento entre empresas, bombeiros e proteção civil.	Risco na privacidade de dados sensíveis das empresas.
<b><i>Planos de Emergência Coordenados</i></b>	Melhoria na elaboração de planos interligados.	Integração complexa devido à diversidade de sistemas e culturas organizacionais.
<b><i>Prevenção de Efeitos em Cadeia</i></b>	Permite reação rápida a riscos de efeito dominó.	Volume elevado de dados pode reduzir agilidade na análise de riscos.
<b><i>Redução de Custos a Longo Prazo</i></b>	Economias com redução de redundâncias operacionais.	Investimento elevado para instalação e manutenção do sistema interoperável.
<b><i>Integração de Sistemas</i></b>	Visão holística dos riscos com coordenação entre entidades.	Diferentes tecnologias requerem longos processos de adaptação.
<b><i>Aspetos Regulatórios</i></b>	Alinha-se à Diretiva Seveso e normas europeias.	Necessita ajustes legislativos para viabilizar a partilha de dados entre entidades.

### 1.3 Coordenação Integrada e Monitorização no Porto de Aveiro

#### 1.3.1 Com Bombeiros e Autoridades Locais

Para garantir uma resposta eficaz a emergências no Porto de Aveiro, é essencial estabelecer uma articulação sólida entre a autoridade portuária, os Corpos de Bombeiros e as entidades de proteção civil. Atualmente, a inexistência de um centro de comando integrado representa uma fragilidade crítica na gestão das operações de emergência.

Portos de referência, como o de Roterdão, dispõem do *Harbour Coordination Centre*<sup>17</sup>, que opera em estreita colaboração com a *Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond*<sup>18</sup>,

<sup>17</sup> *Harbour Coordination Centre* refere-se a uma estrutura ou entidade responsável pela coordenação das operações e comunicação no ambiente portuário, especialmente em situações de emergência, assegurando a gestão eficiente do tráfego marítimo, a segurança das infraestruturas e a resposta integrada entre as várias entidades portuárias e autoridades competentes.

assegurando uma coordenação rápida e eficiente entre as operações portuárias e os serviços de emergência. A implementação de um sistema semelhante em Aveiro permitiria a integração e cruzamento de dados operacionais, informações sobre tipos de carga e condições meteorológicas em tempo real, reduzindo os tempos de resposta e otimizando a gestão de incidentes, sobretudo em cenários envolvendo empresas Seveso de alto risco.

### 1.3.2 Sistema de Alerta Meteorológico Antecipado

Considerando a vulnerabilidade da região de Aveiro a fenómenos meteorológicos adversos, como tempestades, ventos fortes e inundações, recomenda-se a adoção de sistemas avançados de alerta antecipado, inspirados em soluções como o Meteoalarm<sup>19</sup> ou sistemas personalizados. Estes permitirão a antecipação de eventos extremos, facilitando a adoção de medidas preventivas cruciais, tais como:

- a) Suspensão temporária das operações de carga e descarga;
- b) Recolocação de navios em zonas seguras;
- c) Proteção de Infraestruturas críticas contra os impactos meteorológicos.

### 1.3.3 Sistema de Sensores para Detecção de Fugas

Para fortalecer a prontidão e a capacidade de resposta ambiental, sugere-se a instalação de sensores IoT (Internet das Coisas) em zonas estratégicas do porto, especialmente nas instalações das empresas Seveso e terminais de granéis líquidos. Inspirados nas práticas dos portos de Roterdão e Singapura, estes sensores permitiriam a monitorização contínua e em tempo real de possíveis fugas de matérias perigosas, facilitando a deteção precoce e minimizando os riscos ambientais e humanos.

---

<sup>18</sup> *Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond* é a entidade responsável pela coordenação integrada da segurança pública e proteção civil na região da Grande Rotterdam, Holanda. Atua na prevenção, preparação e resposta a emergências, reunindo bombeiros, polícia, serviços médicos e outras entidades para garantir uma gestão eficiente de crises na área.

<sup>19</sup> *Meteoalarm* é um sistema europeu de aviso meteorológico que emite alertas antecipados sobre fenómenos climáticos perigosos, utilizando códigos de cores para indicar diferentes níveis de risco, com o objetivo de informar e proteger a população e apoiar a gestão de emergências.

### 1.3.4 Desafios à Implementação

A operacionalização das recomendações apresentadas implica enfrentar alguns desafios, nomeadamente:

- a) Alto investimento inicial, que poderá ser mitigado com o recurso a fundos da União Europeia e parcerias público-privadas;
- b) Necessidade de formação contínua das equipas portuárias e dos agentes de proteção civil, para garantir uma resposta integrada e eficaz;
- c) Padronização de protocolos e rotinas de simulacros conjuntos, essenciais para a interoperabilidade e coordenação entre diferentes entidades;
- d) Atualização tecnológica dos sistemas utilizados, garantindo interoperabilidade e adesão a padrões comuns, para evitar falhas na comunicação e operação.

## 1.4 Implementação Sistema Aviso à População no Contexto Portuário

Propõe-se a implementação de um sistema integrado e multicanal de aviso à população, especialmente adaptado às especificidades do Porto de Aveiro, considerando as características das zonas industriais, áreas urbanas envolventes e a vulnerabilidade de cada setor. Este sistema deverá ser considerado no Plano Municipal de Emergência e no Plano Externo de Emergência, e desenvolvido em estreita colaboração com a Câmara Municipal de Ílhavo, o CSREPC (Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil) e a ANEPC (Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil), assegurando alinhamento com as normas nacionais e as melhores práticas internacionais, como os sistemas adotados em portos de referência como Roterdão e Antuérpia.

### 1.4.1 Características principais do sistema

- a) **Sistema de Sirenes de Alerta ao Público:** Instalação e manutenção de uma rede estratégica de sirenes, capazes de emitir sinais audíveis claros e distintos para alerta imediato da população e trabalhadores portuários em áreas urbanas e industriais. As sirenes garantem uma cobertura ampla, rápida e eficaz, mesmo em situações em que outros canais digitais possam falhar.

- b) **Sistema Multicanal e Complementar Bilíngue:** Além das sirenes, o sistema deverá utilizar múltiplos canais de comunicação, como mensagens SMS, chamadas telefónicas automatizadas, notificações push<sup>20</sup> via aplicativos móveis, redes sociais oficiais, painéis digitais e rádios comunitárias, para garantir a máxima abrangência e reforçar a disseminação das mensagens de alerta.
- c) **Rapidez, Confiabilidade e Redundância:** O sistema deve assegurar a emissão rápida dos alertas, com mecanismos redundantes para garantir a continuidade da comunicação, mesmo perante falhas técnicas ou de infraestrutura.
- d) **Personalização e Segmentação Geográfica:** O sistema deve permitir a emissão de alertas segmentados conforme as áreas específicas em risco, adaptando as mensagens e os meios utilizados consoante a localização do incidente e o público-alvo (população residente, trabalhadores, visitantes).
- e) **Interoperabilidade e Integração com Sistemas de Monitorização:** Integração direta com a central de monitorização conjunta do Porto de Aveiro, possibilitando alertas automáticos baseados em dados em tempo real (exemplo: fugas químicas, incêndios, incidentes operacionais, entre outros).
- f) **Testes Regulares, Treino e Sensibilização:** Estabelecimento de planos regulares de testes e exercícios de simulação para garantir a operacionalidade do sistema, bem como campanhas contínuas de sensibilização para informar a população sobre os sinais sonoros e procedimentos a adotar.

#### 1.4.2 Benefícios esperados

- a) Garantia de uma reação rápida e coordenada da população e das entidades responsáveis, minimizando riscos à vida e ao ambiente;
- b) Melhoria da resiliência do Porto de Aveiro perante situações de emergência, através de um sistema de alerta robusto e diversificado;

---

<sup>20</sup> *Notificações push* são mensagens automáticas enviadas por aplicações ou sistemas diretamente para os dispositivos dos utilizadores, com o objetivo de alertar ou informar em tempo real, mesmo quando a aplicação não está ativa.

- c) Aumento da confiança da comunidade local e dos trabalhadores portuários nas capacidades de proteção civil.

Este sistema multicanal, com especial destaque para o papel essencial das sirenes, constitui um investimento estratégico para a segurança e sustentabilidade do Porto de Aveiro, alinhado com as melhores práticas internacionais e normativas vigentes.

### **1.5 Criação de uma Unidade de Gestão de Emergência Portuária (UGEP)**

A criação de uma Unidade de Gestão de Emergência Portuária (UGEP) constitui uma resposta estruturante à necessidade de articulação permanente entre os diversos agentes com responsabilidade em matéria de proteção e socorro no Porto de Aveiro. Esta unidade terá como missão o planeamento integrado com as empresas Seveso, a coordenação operacional durante incidentes e a ligação permanente com a Proteção Civil e os Corpos de Bombeiros locais.

A UGEP poderá funcionar como ponto de articulação para o desenvolvimento dos Planos de Emergência Internos e Externos (PEI/PEE), consolidando a interoperabilidade e uniformizando procedimentos. O seu papel será também fundamental na promoção de uma cultura de segurança portuária, garantindo que os riscos são continuamente avaliados e que a resposta está alinhada com os melhores padrões internacionais.

#### **1.5.1 Estrutura Orgânica Proposta para a UGEP**

Para que a Unidade de Gestão de Emergência Portuária funcione de forma eficaz, propõe-se a seguinte estrutura orgânica, liderada por um Gestor de Emergência Portuário:

- a) Gestor de Emergência Portuário** (responsável máximo)
  - i. Coordenação Geral de Emergência
  - ii. Relações Institucionais e Interoperabilidade
  - iii. Comunicação e Alerta à População
  - iv. Operações e Logística
  - v. Planeamento e Avaliação de Risco

Esta estrutura visa garantir a capacidade de resposta integrada e especializada em função dos diferentes domínios críticos da gestão de emergência, promovendo simultaneamente uma abordagem proactiva à gestão do risco.

### **1.5.2 Desenvolvimento de uma Sala de Crise Portuária**

Propõe-se a criação de uma Sala de Crise Portuária, equipada com sistemas de comunicação redundantes, tecnologia GIS para monitorização em tempo real e acesso a bases de dados atualizadas sobre matérias perigosas. Esta infraestrutura será crucial para a centralização da gestão da informação durante emergências e para a coordenação operacional em tempo real, facilitando a tomada de decisão informada e o apoio à liderança durante incidentes graves.

### **1.5.3 Nomeação Formal de um Gestor de Emergência Portuário**

A nomeação de um Gestor de Emergência Portuário, com autoridade delegada e formação técnica avançada em riscos tecnológicos e emergências químicas, permitirá um comando técnico especializado. Este profissional deverá assegurar a liderança operacional em articulação com os serviços municipais de proteção civil, os bombeiros e as entidades responsáveis pelas empresas Seveso, reforçando a capacidade de comando em cenários complexos e multiriscos.

## **1.6 Proposta de Simulação de Incidente com Efeito Dominó no TGL**

Para aferir a capacidade de resposta a cenários de elevada complexidade, recomenda-se a realização de uma **simulação anual de incidente dominó no Terminal de Graneis Líquidos (TGL)**. O cenário proposto inclui:

- i. Explosão de um reservatório de metanol
- ii. Fuga subsequente de gasolina
- iii. Envolvimento térmico de tanques de benzeno e propano adjacentes

#### **a) Impactos esperados:**

- i. Onda de choque com raio de 300 a 500 metros (> 0,3 bar)

- ii. Risco de ignição secundária (efeito dominó)
- iii. Emissão de gases tóxicos com risco de intoxicação num raio até 1.000 metros

**b) Ações recomendadas:**

- i. Instalação de sensores de pressão, calor e vapores tóxicos em zonas críticas
- ii. Desenvolvimento de modelos CFD (Computational Fluid Dynamics) para análise preventiva
- iii. Envolvimento das empresas Seveso e das autoridades em exercícios simulados com avaliação externa

### **1.7 Otimização da Resposta Operacional no Terminal de Graneis Líquidos**

A capacidade de resposta no Terminal de Graneis Líquidos deve ser reforçada com a adoção das seguintes medidas de inovação operacional, alinhadas à Diretiva Seveso:

- a) Criação de um Centro de Comando Unificado** com a presença física da administração portuária, Proteção Civil, empresas Seveso e bombeiros.
- b) Sistemas Avançados de Monitorização** com sensores de deteção precoce de matérias perigosas e de qualidade do ar.
- c) Planos Integrados de Emergência** com simulações periódicas e auditoria de lições aprendidas.
- d) Formação Contínua e Sensibilização Pública**, envolvendo trabalhadores e comunidades limítrofes, promovendo a cultura de autoproteção e cidadania ativa.

### **1.8 Plano de Comunicação de Crise para o Porto de Aveiro**

Um Plano de Comunicação de Crise específico para o contexto portuário é essencial para garantir a transparência, a fluidez e a eficácia da informação antes, durante e após uma emergência.

Este plano deverá prever:

- a) **Canais de comunicação redundantes**
- b) **Responsáveis formalmente designados**
- c) **Mensagens pré-validadas e adaptadas aos diferentes públicos-alvo**
- d) **Articulação com o sistema multicanal de aviso à população**

Esta abordagem permite garantir a confiança do público, a gestão de expectativas e a redução do pânico em situações críticas.

## **2 Perspetivas Futuras**

A evolução da gestão de emergências em ambientes portuários, particularmente em contextos de elevada complexidade tecnológica e risco, como o Terminal de Granéis Líquidos (TGL) do Porto de Aveiro, exige uma abordagem dinâmica e inovadora, ancorada na antecipação, na tecnologia e na colaboração multissetorial.

Com base nas análises desenvolvidas neste estudo, delineiam-se as seguintes perspetivas futuras:

### **2.1 Melhoria na Digitalização e Automação na Monitorização de Riscos**

A adoção de sistemas de monitorização inteligentes, apoiados em Inteligência Artificial (IA), sensores distribuídos, modelação computacional (CFD) e plataformas integradas de dados, permitirá aumentar significativamente a capacidade preditiva e a deteção precoce de eventos de risco. A automação poderá ainda contribuir para reduzir o tempo de resposta e apoiar a decisão em contextos de alta pressão.

### **2.2 Avaliação da Perceção de Risco e Participação Comunitária**

Será essencial aprofundar o estudo sobre a perceção de risco da população residente nas imediações do porto, bem como dos trabalhadores das empresas Seveso e demais operadores portuários. Esta abordagem permitirá ajustar campanhas de sensibilização,

melhorar a eficácia dos sistemas de aviso e fomentar uma cultura de autoproteção e cidadania ativa, particularmente relevante em caso de incidentes com efeito dominó.

### **2.3 Integração de Estratégias de Adaptação às Alterações Climáticas**

As alterações climáticas representam uma ameaça crescente para os portos, seja pela frequência de fenómenos meteorológicos extremos, como tempestades e ondas de calor, seja pela subida do nível do mar. Neste sentido, é recomendável integrar medidas de adaptação nos modelos de planeamento e resposta a emergências, articulando a componente climática com os riscos tecnológicos já existentes.

### **2.4 Desenvolvimento Laboratório Vivo de Gestão de Riscos Portuários**

O Porto de Aveiro poderá constituir-se como um “*Living Lab*” nacional em gestão de emergências portuárias, envolvendo a academia, os operadores económicos, as autoridades portuárias, os Corpos de Bombeiros, a Proteção Civil e as comunidades locais. Este espaço de experimentação permitirá testar soluções inovadoras em contexto real, com transferência de conhecimento entre setores e partilha de boas práticas.

### **2.5 Certificação e Reconhecimento Internacional**

A possibilidade de certificar o Porto de Aveiro como um porto resiliente e seguro, com base em referenciais como a norma ISO 22320 (Gestão de Emergência), o Quadro de Sendai para Redução do Risco de Catástrofes, ou os indicadores da OCDE para resiliência urbana e logística, poderá posicionar este porto como modelo nacional e europeu no domínio da segurança industrial e portuária.

### **2.6 Estudos Futuramente Recomendados**

Futuros estudos poderão incidir sobre:

- a) **Simulações de cenários de vários eventos**, incluindo falhas simultâneas em diferentes instalações Seveso.
- b) **Análise custo-benefício** das medidas implementadas ou recomendadas.

- c) **Desenvolvimento de um projeto-piloto de monitorização integrada** (*early warning system*), com possível replicação noutros portos portugueses com presença de empresas Seveso.

## CAPÍTULO VII – Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo central analisar os desafios e oportunidades na gestão de emergências em ambientes portuários, com enfoque no Porto de Aveiro e nas empresas Seveso de categoria superior que lá se encontram instaladas. Este estudo focou-se particularmente no Terminal de Graneis Líquidos (TGL), onde se concentram matérias perigosas que exigem uma gestão rigorosa e eficaz dos riscos, dado o potencial elevado para a ocorrência de acidentes com efeitos em cadeia.

A investigação revelou lacunas significativas na gestão de emergência do TGL do Porto de Aveiro, em especial no que concerne à inexistência de uma estrutura integrada e formalizada de comando e coordenação para a gestão de incidentes. A ausência de um Gestor de Emergência Portuário, aliado à fraca interoperabilidade entre as entidades portuárias e as empresas Seveso de categoria superior, constitui uma fragilidade que compromete a capacidade de resposta eficaz perante cenários complexos, nomeadamente aqueles caracterizados por acidentes com efeito dominó. Estas vulnerabilidades são particularmente preocupantes face à presença de matérias inflamáveis, tóxicas e explosivas, cujo controlo exige uma gestão rigorosa e coordenada, conforme previsto na Diretiva Seveso III (EEA., 2018) e nas melhores práticas internacionais de segurança industrial (Steenbergen, 2013).

Além disso, o modelo atual de monitorização e comunicação apresenta limitações que dificultam uma resposta rápida e integrada, o que pode comprometer a segurança das populações, dos trabalhadores portuários e do meio ambiente. A fragmentação dos sistemas de informação e a ausência de canais de comunicação multicanal e adaptados ao contexto portuário revelam-se desafios críticos a serem superados.

Com base nestas constatações, a dissertação propôs um conjunto de recomendações estratégicas, destacando a criação de uma Central Integrada de Monitorização e Alerta de Riscos, a formalização de uma Unidade de Gestão de Emergência Portuária (UGEP) e a implementação de sistemas avançados de aviso à população. Estas medidas procuram promover uma coordenação eficiente entre as várias entidades envolvidas, reforçar a capacidade de deteção precoce e monitorização contínua dos riscos, e garantir a rápida mobilização de recursos em situação de crise.

Por fim, foram apresentadas perspetivas futuras, que incluem o aprofundamento da digitalização e automação dos sistemas de monitorização com recurso a inteligência artificial, o estudo da perceção de risco junto da população local e operadores, e a integração de estratégias de adaptação às alterações climáticas. Estas perspetivas enquadram-se numa visão de longo prazo, orientada para a certificação do Porto de Aveiro como porto resiliente e seguro, alinhado com padrões internacionais de gestão de risco.

Em suma, a implementação das recomendações aqui propostas poderá contribuir significativamente para a mitigação dos riscos tecnológicos no Porto de Aveiro, elevando a segurança operacional e protegendo as comunidades envolventes, ao mesmo tempo que promove a resiliência e a sustentabilidade da atividade portuária.

## Bibliografia

- A. Boin & McConnell. (2007). *Crisis Management in Theory and Practice. Public Administration Review*.
- Administração do Porto de Aveiro, S. (2017). *Plano de Prevenção de Riscos de Corrupção e Infrações Conexas (PPRCIC)*.
- Ambiente, A. E. (2017). *Gestão de riscos e análise de consequências em ambientes industriais*. Obtido de [www.aaa.eu](http://www.aaa.eu)
- Ambiente, A. P. (2001). *Plano de Emergência de Estarreja*. APA.
- APA. (2024). Porto de Aveiro realiza primeiro transporte ferroviário de biocombustível. *Porto de Aveiro realiza primeiro transporte ferroviário de biocombustível*.
- APA, A. D. (2021). Projeto de Melhoria das Condições Operacionais das Pontes-Cais n.º 24, 25 e 26. . *Projeto de Melhoria das Condições Operacionais das Pontes-Cais n.º 24, 25 e 26*.
- APA, A. d. (2021). *Regulamento de Segurança da APA* . Ílhavo: APA-Administração do Porto de Aveiro, S.A.
- APA, A. d. (2022). *Intermodalidade e Plataforma Logística do Porto de Aveiro*.
- APA, A. d. (2023). *Relatório e Contas*. APA.
- APA, A. P. (Janeiro de 2025). *Relação dos Estabelecimentos (Continente) abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves*. Lisboa, Portugal. Obtido de <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/estabelecimentos-abrangidos>
- APQE, A. P. (2015). *Associação Portuguesa das empresas Químicas - A Prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas* . Lisboa: Ordem dos Engenheiros .
- Araújo, S. (2013). Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho. *Segurança industrial em zonas portuárias: Desafios da proteção civil na resposta a emergências*.

- Aveiro, A. d. (2025). *Porto de Vaeiro*. Obtido de <https://portodeaveiro.pt/>
- Aveiro, C. M. (2005). *Relatório de Fundamentação - CM Aveiro*.
- Aveiro, D. (06 de abril de 2022). *ISSUU*. Obtido de Especial Porto de Aveiro: [https://issuu.com/diarioaveiro/docs/especial\\_porto\\_de\\_aveiro](https://issuu.com/diarioaveiro/docs/especial_porto_de_aveiro)
- Aveiro, P. (28 de dezembro de 2024). *Porto de Aveiro Estratégia*. Obtido de portodeaveiro.pt: <https://portodeaveiro.pt/estrategia/pt/>
- Baptista, R. (2006). “BP investe 23 milhões de euros no Porto de Aveiro”. . *Público*.
- Cabral, J. (2019). Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa. *Perceção do risco e cidadania ativa em contextos de risco tecnológico* .
- Cabral, M. (2019). Dissertação de Mestrado. *A perceção do risco e cidadania em cenários de emergência*. Aveiro: ISCIA.
- Correia, J. (2019). Dissertação de Mestrado. *Plano de emergência e avaliação de riscos no setor portuário*. Aveiro: ISCIA.
- Correia, M. (2019). Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra. *A gestão de emergência no contexto industrial*.
- Costa, E. (2012). Dissertação de Mestrado. *Central de emergência conjunta de Gondomar: gestão integrada e aplicação em smart cities*. Aveiro: ISCIA.
- Costa, R. M. (2019). *Segurança e prevenção de riscos industriais*. ABC.
- Council., E. P. (2012). Diretiva 2012/18/EU. *Controlo dos perigos associados a acidentes graves envolvendo substâncias perigosas*. Parlamento Europeu e do Conselho.
- CSREPCRAVE, C. S.-R. (04 de 2025). *PLANO PRÉVIO DE INTERVENÇÃO – PORTO DE AVEIRO; PPI*. ANEPC.
- EEA., E. E. (2018). *Seveso Directive: Challenges in Implementation*. . Copenhagen.
- Europeu, P. (2012). Diretiva 2012/18/UE (Seveso III). *Jornal Oficial da União Europeia*.

- F.Dore, F. M. (2019). Procedimentos operacionais em emergências industriais. Em ANEPC, *Procedimentos operacionais em emergências industriais* (pp. 14(1), 15-29.). Revista de Proteção Civil.
- Ferreira, A. T. (2024). Tendências e desafios na implementação da Estratégia de Proteção Civil Preventiva 2030: Uma análise da RCM nº 112/2021. In XVII Encontro Nacional de Riscos. Em F. V. João Luís Fernandes, *Riscos, Proteção Civil e Cultura de Segurança: Discursos e Práticas no Portugal Democrático*. Coimbra: RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança .
- Ferreira, L. &. (2020). Infraestruturas logísticas e competitividade: O caso dos portos portugueses. (Logística, Ed.)
- Ferreira, R. S. (2021). Modelos de avaliação do risco em instalações Seveso. Em R. I. Industrial. *Revista Internacional de Segurança Industrial*.
- Globo. (24 de junho de 2018). *gl globo*. Obtido de <https://gl.globo.com/mundo/noticia/porto-de-roterda-comunica-vazamento-consideravel-de-oleo.ghtml>
- Grupo RNM. (2022). *Instalação de Tanques e Armazenagem para Combustíveis Líquidos no Terminal Norte de Graneis Líquidos do Porto de Aveiro – Projeto LIVERPOOL*. St.º António dos Cavaleiros: TRIFÓLIO.
- Ílhavo, C. M. (Revisão 2022). *Plano de Emergência Externo de Ílhavo, Versão Consulta Pública*. Ílhavo: CMI.
- IMO, I. M. (2004). *Security in ports*. London: IMO.
- INE. (2021). *Censos 2021*.
- ISO, I. O. (February de 2018). ISO 31000. *Risk Management (Versão Portuguesa)*, pp. ISBN 978-92-67-10784-4. Obtido de [www.iso.org/gplus](http://www.iso.org/gplus)
- Jones, R. &. (2018). Safety and risk assessment in industrial operations. *Journal of Hazardous Materials*, 201(2), 123-145.

- Jonkman, S. e. (2018). *Emergency response planning in seaports: Lessons from Rotterdam*. Obtido de *Lessons from Rotterdam, Safety Science*, 110, 47-56.
- Lima, A. (2013). Dissertação de Mestrado. *Estudos de caso de gestão de emergência em contextos industriais*. . Universidade de Coimbra.
- Matos, A. (2019). Desafios contemporâneos da logística portuária em Portugal. *Journal of Maritime Economics*, 34(2), 78-95.
- Matos, F. (2014). Dissertação de Mestrado. *Riscos tecnológicos em zonas portuárias: análise e estratégias de prevenção*. Universidade do Minho.
- Moura, L. (2021). Dissertação de Mestrado. *Comunicação de risco e preparação comunitária em cenários de emergência*. Aveiro: ISCIA.
- Parlamento Europeu, C. (16 de Dezembro de 2008). REGULAMENTO (CE) N.º 1272/2008 DO PARLAMENTO EUROPEU. *Jornal Oficial da União Europeia*, 02008R1272 — PT — 01.12.2023 — 025.002 —, 1 a 1555.
- Rodrigues, P. (. (2018). Dissertação de Mestrado. *Análise das estratégias de mitigação do risco de efeito dominó*. . Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Silva, J. A. (2020). *Gestão de riscos: Conceção, planeamento e controlo*. XYZ.
- Silva, R. (2018). Portos e logística no contexto económico português. *Revista de Transportes e Logística*, 15(3), pp. 50-67.
- Spada Ferreira, L. S. (2023). Gestão integrada de emergências em terminais químicos. . Em R. P. Segurança. *Revista Portuguesa de Segurança*.
- Teixeira, C. S. (December de 2001). Reliability Engineering & System Safety. *ScienceDirect Journals & Books, Volume 74*(Issue 3), Pages 299-309. Obtido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832001001041?via%3Dihub>
- Tropa, M. D. (2022). *Os Modelos de Operações Portuária: O caso do Porto de Aveiro*.

Van Leeuwen, T. (2020). *Real-time monitoring systems in hazardous port environments*.

Obtido de *Maine Safety Journal*, 9 (4), 23-30.

Vieira, M. (2017). *Portos intermodais e o desenvolvimento sustentável: Estudo de caso do*

*Porto de Aveiro. Dissertação de Mestrado.*