



ESCOLA NAVAL



ta sainte & bief faire

Rafael Alexandre Roque Graça

Deteção de incidentes marítimos nas zonas costeiras

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha



Alfeite
2020



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Rafael Alexandre Roque Graça

Deteção de incidentes marítimos nas zonas costeiras

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha

Orientação de: Professor Doutor Anacleto Cortez e Correia

Co-orientação de: CMG José António Velho Gouveia; CFR Vítor Fernando Plácido da Conceição

O Aluno Mestrando,

O Orientador,

ASPOF Rafael Graça

Prof. Anacleto Correia

Alfeite
2020

Agradecimentos

Este trabalho representa a concretização do fim de um ciclo acadêmico de 5 anos com altos e baixos, desafios e superações. O apoio de muitos foi fundamental para a concretização deste momento, porém, gostaria de salientar o apoio dos mais intervenientes.

Em primeiro lugar, agradecer ao meu orientador, Senhor Professor Anacleto Cortez e Correia, que sempre demonstrou disponibilidade fornecendo todo o apoio e orientação necessária para o término deste estudo. As suas orientações foram fundamentais para a concretização e finalização deste trabalho.

Agradecer aos co-orientadores da dissertação, Capitão-de-Mar-e-Guerra Vello Gouveia e do Capitão-de-Fragata Plácido da Conceição, a disponibilidade e as orientações que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Agradecer o apoio da minha família que, apesar de longe, estiveram sempre presentes dando apoio e orientações em todas as decisões, representando um suporte fundamental durante toda a minha vida.

Um especial agradecimento à minha namorada, que me apoiou incondicionalmente durante todo este trabalho e que é um dos pilares do suporte fundamental na minha vida.

Um agradecimento aos meus amigos que me acompanham desde jovem e aqueles que surgiram durante este ciclo e que, ainda hoje, permanecem. Com estes, a superação de qualquer peripécia torna-se mais possível.

Resumo

O amplo espaço marítimo Português permite o desenvolvimento de diferentes atividades, tais como o comércio internacional, a pesca e o turismo. Porém, a ocorrência de incidentes marítimos pode aumentar e ameaçar a população. A poluição das águas, o aparecimento de caravelas-portuguesas nas praias, os acidentes com embarcações e a queda de arribas, constituem alguns desses incidentes. Como tal, torna-se imperativo a vigilância e monitorização destas ameaças por parte das autoridades marítimas.

Assim, de forma a auxiliar as autoridades marítimas na vigilância e monitorização destas ameaças, a presente dissertação propõe um sistema de apoio à decisão de baixo custo composto por 4 componentes: veículo aéreo não-tripulado, sensor, aprendizagem automática e interface gráfica. Este sistema tem como objetivo detectar, identificar e classificar incidentes marítimos nas zonas costeiras portuguesas em tempo real contribuindo para uma melhor eficácia das autoridades marítimas. Para isto, foi testado o uso de um veículo aéreo não-tripulado, de pequenas dimensões e baixo custo, com sensor ótico na recolha de imagens de manchas de hidrocarbonetos na água em ambiente simulado. Foram aplicadas funcionalidades de aprendizagem automática do software Orange Data Mining Tool para treino e teste do reconhecimento e classificação das imagens com manchas de hidrocarbonetos na água recolhidas. Posteriormente, foi criado um protótipo de uma interface gráfico de uma aplicação móvel com recurso ao software Balsamiq. Este oferece a possibilidade de planear e controlar o voo do drone e a receção de alertas de incidentes marítimos e foi validado através do critério System Usability Scale.

Os resultados obtidos em ambiente simulado sugerem que o drone, o sensor ótico e a aprendizagem automática poderão constituir a solução de um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos. Desta forma, este estudo contribui para o auxílio das autoridades marítimas na deteção, identificação e classificação de incidentes marítimos nas zonas costeiras portuguesas.

Palavras-chave: Deteção Remota, Incidentes Marítimos, Veículos Aéreos Não-Tripulados, Monitorização

Abstract

The ample Portuguese maritime space allows the development of different activities, such as international trade, fishing and tourism. However, the occurrence of maritime incidents can increase and threaten the population. Water pollution, the appearance of Portuguese caravels on beaches, accidents with boats and falling cliffs, are some of these incidents. As such, it becomes imperative for maritime authorities to be vigilant and monitor these threats.

Therefore, in order to assist the maritime authorities in the surveillance and monitoring of these threats, this dissertation proposes a low cost decision support system composed of 4 components: unmanned aerial vehicle, sensor, automatic learning and graphic interface. This system aims to detect, identify and classify maritime incidents in Portuguese coastal areas in real time, contributing to a better effectiveness of maritime authorities. For this, it was tested the use of an unmanned aerial vehicle, of small dimensions and low cost, with optical sensor in the collection of images of hydrocarbon stains in the water in a simulated environment. The Orange Data Mining Tool software's automatic learning features were applied for training and testing the recognition and classification of the images of hydrocarbon stains in the water collected. Subsequently, a prototype of a graphic interface for a mobile application was created using the Balsamiq software. This offers the possibility to plan and control the drone's flight and the reception of maritime incident alerts and was validated through the System Usability Scale criteria.

The results obtained in a simulated environment suggest that the drone, the optical sensor and the automatic learning could constitute the solution of a system to support the detection of maritime incidents. Thus, this study contributes to the assistance of maritime authorities in the detection, identification and classification of maritime incidents in Portuguese coastal areas.

Keywords: Remote Sensing, Marine incidents, Unmanned Aerial Vehicle, Monitoring

Índice

Introdução	1
1 Domínio do Problema	7
1.1 Enquadramento	7
1.2 Riscos e Incidentes nas zonas costeiras	9
1.3 Derrames de hidrocarbonetos no mar	14
1.4 Sistemas de combate ao derrame de hidrocarbonetos no mar	16
1.5 Requisitos de um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos	17
1.6 Conclusão	19
2 Revisão da Literatura	21
2.1 Meios de monitorização	21
2.2 Utilização de Aeronaves	25
2.3 Sensores Passivos na deteção de hidrocarbonetos	28
2.3.1 Deteção Ótica	29
2.3.2 Deteção através de micro-ondas passivas	31
2.3.3 Sensores multiespectrais e hiperespectrais	31
2.4 Sensores ativos na deteção de hidrocarbonetos	31
2.4.1 Sensores de fluorescência	31
2.4.2 Radar	32
2.5 Sensor LiDAR na deteção remota	34
2.6 Aprendizagem automática: métodos e ferramentas	35
2.7 Conclusão	36
3 Conceção da Solução	39
3.1 Solução Proposta	39
3.2 Planeamento de voo	41
3.2.1 Drone	41
3.2.2 Plano de voo	42
3.3 Treino do algoritmo para reconhecimento de poluição no mar	43
3.3.1 Fluxo de Trabalho	43
3.4 Protótipo da interface gráfica do Sistema de apoio na Deteção de Incidentes Marítimos (SADIM)	46
3.4.1 Funcionalidades entre o drone e a estação de controlo	46
3.4.2 Conexão entre o drone e a estação de controlo	47
3.4.3 Funcionalidades da interface gráfica	48
4 Recolha e tratamento de dados	55
4.1 Plano de Voo	55

4.1.1	Procedimentos de segurança	55
4.1.2	Planeamento do voo	55
4.1.3	Limitações do local de voo	56
4.2	Base de imagens para treino do modelo de Aprendizagem automática	56
4.3	Método de avaliação do SADIM	58
5	Análise e validação da solução	59
5.1	Análise de Resultados	59
5.1.1	Modelo de Aprendizagem automática	59
5.1.2	Inquéritos	61
5.2	Análise estatística	66
	Conclusão	69
	Referências Bibliográficas	75
	Apêndices	81
	A Instruções Gerais para voo	81
	B Boon Agreement Oil Apperance Code	83
	C Pontuação SUS	85
	D P-Value	87
	E Inquérito de Avaliação	89
	F Resultados do Inquérito de Avaliação	103
	G Artigo AHFE	125

Lista de Figuras

1	Plataforma continental do Estado Português.	2
2	Processo de Design Science Research.	5
3	Estrutura da Dissertação	6
1.1	Órgãos constituintes do SAM	9
1.2	Troços da linha costeira em situação de erosão em Portugal entre 1958-2010	12
1.3	Galgamento do mar nas praias da Costa da Caparica	13
1.4	Caravela-Portuguesa Fonte: (Space Coast Daily, 2018) e (Debbie White, 2019)	14
1.5	Número de derrames (>7 toneladas) entre 1970 e 2019	15
1.6	Imagem representativa da consequência de derrames de hidrocarbonetos em zonas costeiras	16
2.1	a) VANT de asa rotativa; b) VANT de asa fixa	27
3.1	Componentes da solução proposta	39
3.2	Tanques de simulação	43
3.3	Exemplos de planos de voo realizados no Pix4D Capture e no Free-Flight 6	43
3.4	Fluxo de Trabalho do algoritmo de aprendizagem automática implementado no Orange	44
3.5	Fluxo de Trabalho da Previsão	45
3.6	Janela do Menu Principal	48
3.7	Janela de «Plano de Voo»	50
3.8	Janela de «Importar dados de Voo»	51
3.9	Janela de «Modo de Visão»	52
3.10	Mensagem de Alerta	53
3.11	Janela de «Histórico de Alertas»	54
4.1	Exemplos de imagens da pasta «Poluição»	57
4.2	Exemplos de imagens da pasta «Não-Poluição»	57
4.3	Exemplos de imagens da pasta do projeto Seagull «Não-Poluição»	58
5.1	<i>Confusion Matrix</i> da rede neuronal e da regressão logística	60
5.2	Resultados da previsão com imagens de poluição	60
5.3	Resultados da previsão com imagens sem poluição	60
5.4	Resultados da previsão com imagens do Seagull	61
A.1	Instruções Gerais de voo	81

E.1	Desafio 1	94
E.2	Desafio 2	95
E.3	Desafio 3	95
E.4	Desafio 4	96
E.5	Desafio 5	97
E.6	Desafio 6	97
F.1	Género	103
F.2	Idade	104
F.3	Formação/Habilitações Literárias	104
F.4	Funções de vigilância nas praias	104
F.5	Entidade a que se encontra ou encontrou profissionalmente ligado	105
F.6	Presenciou incidentes marítimos	105
F.7	Incidentes marítimos	106
F.8	Os Acidente/incidentes marítimos são frequentes nas zonas costeiras, devendo por isso ser monitorizados	106
F.9	Os Acidentes/incidentes marítimos têm impacto relevante na população costeira, devendo por isso ser monitorizados	107
F.10	Conhecimento acerca dos meios utilizados para a monitorização ou vigilância de incidentes marítimos	107
F.11	Os meios utilizados na deteção de incidentes marítimos	108
F.12	O veículo aéreo não-tripulado (drone) um meio útil na monitorização de incidentes marítimos	108
F.13	Conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias	109
F.14	Conhecimento de aplicações móveis para controlo de drones	109
F.15	Desafio 1	110
F.16	Desafio 2	110
F.17	Desafio 3	111
F.18	Desafio 4	111
F.19	Desafio 5	112
F.20	Desafio 6	112
F.21	Relevância da deteção em tempo-real de incidentes marítimos	113
F.22	Relevância do conhecimento em tempo real do tipo de incidente marítimo ocorrido por parte das autoridade marítimas	113
F.23	Importância da transmissão em tempo real das imagens de um incidente marítimo através do drone	114
F.24	Importância do controlo do veículo aéreo não-tripulado (drone) por um utilizador em terra	114
F.25	Importância da transmissão automática de alertas de incidentes marítimos	115
F.26	Importância da transmissão das coordenadas do local do incidente	115
F.27	Importância do acesso aos registos de incidentes anteriores	116
F.28	Utilizaria com frequência a aplicação móvel para monitorizar incidentes marítimos	116
F.29	O protótipo da aplicação móvel é muito complexo	117

F.30	A utilização do protótipo da aplicação móvel é fácil	117
F.31	Precisaria de formação ou ajuda técnica para utilizar as funcionalidades da aplicação móvel demonstradas pelo protótipo	118
F.32	As funcionalidades deste protótipo estão bem integradas	118
F.33	Este protótipo não é consistente.	119
F.34	Aprenderia a utilizar a aplicação móvel rapidamente	119
F.35	O protótipo é complicado de utilizar	120
F.36	Sentiria-me confiante a utilizar a aplicação móvel	120
F.37	Precisarei de aprender novos conceitos para utilizar a aplicação móvel	121

Lista de Tabelas

1.1	Perigos Naturais e Antrópica	11
2.1	Comparação dos meios	24
2.2	Comparação dos tipos de drones	27
2.3	Comparação dos sensores utilizados na deteção de hidrocarbonetos	33
5.1	Resultados do « <i>Teste and Score</i> » em <i>Orange</i>	59
5.2	Respostas ao inquérito: género e idade	61
5.3	Respostas ao inquérito: Formação/Habilitações Literárias	62
5.4	Respostas ao inquérito: Desempenhou funções de vigilância nas praias e as respetivas entidades	62
5.5	Respostas ao inquérito: Presenciou incidentes marítimos	63
5.6	Respostas ao inquérito: Incidentes presenciados pelos inquiridos	63
5.7	Respostas ao inquérito: Conhecimento dos meios utilizados na deteção de incidentes marítimos	64
5.8	Respostas ao inquérito: Familiaridade com aplicações móveis	64
5.9	Respostas ao inquérito: Desafio	65
5.10	Respostas ao inquérito: Desafio	65
5.11	Relação entre a QD 3 e as questões do inquérito	67
B.1	Boon Agreement Oil Apperance Code Fonte: Adaptado de Bonn Agreement (2009)	83
C.1	Pontuação SUS Fonte: Adaptado de Will T. (2017)	85
C.2	Pontuação SUS do protótipo do SADIM	85
D.1	Cálculos do P-value	87

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Símbolos

Abreviaturas

MARPOL *Marine Pollution*

MAVLink *Micro Air Vehicle Link*

Acrónimos

ADIOS *Automated Data Inquiry for Oil Spills*

AIS *Automatic Information System*

AMN *Autoridade Marítima Nacional*

ANAC *Autoridade Nacional da Aviação Civil*

APA *Agência Portuguesa do Ambiente*

AUC *Area Under Cover*

BAOAC *Boon Agreement Oil Appearance Code*

CA *Classification Accuracy*

COSMO *Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental*

DCPM *Direção de Combate à Poluição do Mar*

DGAM *Direção-Geral da Autoridade Marítima*

EMSA *European Maritime Safety Agency*

ETNA-DLA *Departamento de Limitações e Avarias - Escola de Tecnologias Navais*

GEOBIA *Geographic object-based image analysis*

INE *Instituto Nacional de Estatística*

IPIECA *International Petroleum Industry Environmental Conservation Association*

ISN *Instituto de Socorro a Náufragos*

IV *Infravermelho*

LiDAR *Light Detection and Ranging*

MP *MegaPixel*

NIR *Near-Infrared*

PIB *Produto Interno Bruto*

PML *Plano Mar Limpo*

ROC *Receiver Operating Characteristic*

SADIM *Sistema de Apoio na Detecção de Incidentes Marítimos*

SAM *Sistema da Autoridade Marítima*

SAR *Synthetic Aperture Radar*

Sfm *Structure from Motion*

SLAR *Side-Looking Airbone Radar*

SOLAS *Safety of Life at Sea*

STCW *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafares*

SUS *System Usability Scale*

UE *União Europeia*

UV *Ultravioleta*

VANT *Veículo Aéreo Não Tripulado*

Introdução

Enquadramento

Portugal é um país que tem uma posição geográfica privilegiada e uma imensa área marítima sob responsabilidade (Cunha, 2004). O Estado Português detém a soberania e jurisdição de um espaço marítimo cuja dimensão é equivalente a dezoito vezes a área terrestre portuguesa e é composto por águas interiores, mar territorial, zona contígua, zona económica exclusiva e plataforma continental (Sousa & Bastos, 2018). Este amplo espaço marítimo é atravessado diariamente por inúmeras embarcações e nele existem rotas comerciais de diversos setores da economia, por ser o elo de ligação entre três continentes: Europa, África e América.

Em todo o mundo, 90% do comércio mundial é realizado pelos oceanos. Em Portugal, no ano 2018, foram transportadas 90361 milhares de toneladas de mercadoria pelo mar constituindo cerca de 34% de toda a mercadoria importada/exportada em Portugal (INE & Turismo de Portugal, 2019). Dados de 2018, indicam que o setor do turismo gerou 14,6% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (INE - Serviço de Comunicação e Imagem, 2019). Um dos motivos pela qual a população se encontra concentrada no litoral é por aí estarem localizadas a maioria das empresas, oferecendo maior oportunidade de emprego. Estes fatores de crescimento económico e de movimentação da população para o litoral do país, levantam questões ambientais e de segurança.

A vasta área costeira de Portugal aliada ao seu característico clima mediterrânico, produz condições favoráveis para a concretização de inúmeras atividades económicas durante todo o ano, tais como a atividade da pesca, atividades recreativas e balneares, atividades desportivas e atividades comerciais. Esta intensa frequência de atividades nas zonas costeiras e no mar gera um aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes marítimos e acidentes costeiros. Estas ocorrências podem ter várias naturezas, desde acidentes com embarcações - de onde podem resultar afogamentos - ou derrame de óleos e combustíveis, quedas de arribas ou falésias nas praias, ameaças a banhistas (nomeadamente manchas de poluição ou seres marinhos que constituem um perigo para a saúde humana), descargas ilegais de poluentes, entre outros. Todas estas ocorrências podem vir a constituir um prejuízo para a economia em diversos setores.

Torna-se assim, necessário executar uma vigilância, de carácter preventivo, das zonas costeiras, da orla marítima e das águas interiores para que incidentes como os referidos tenham o menor impacto possível na sociedade e na economia.

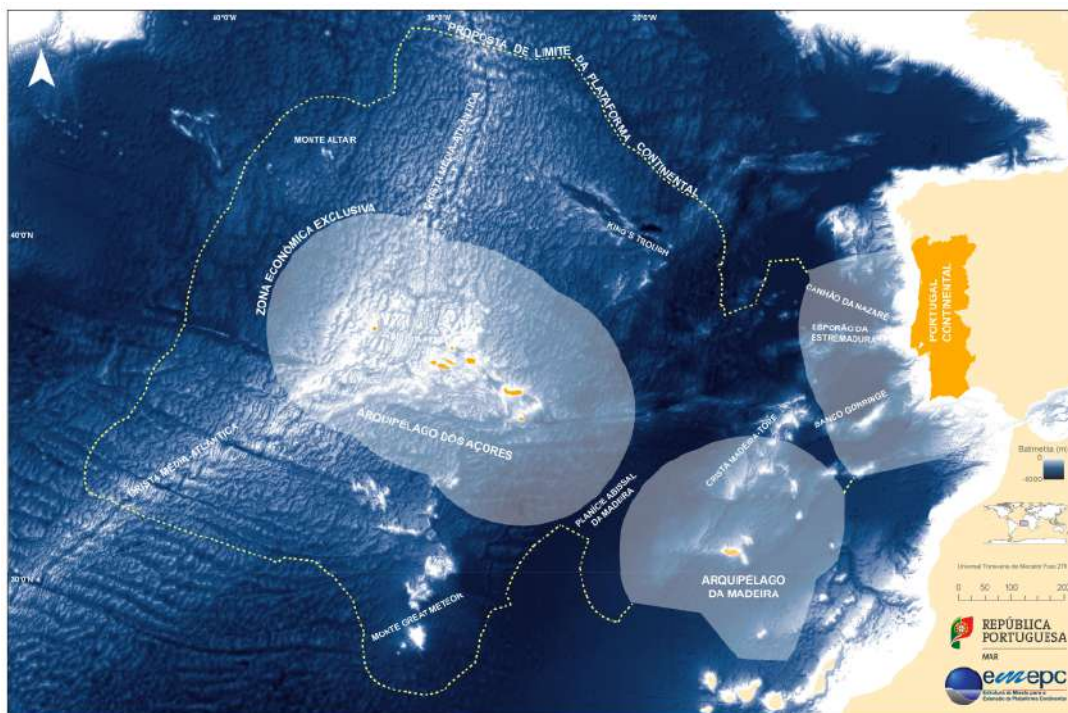


FIGURA 1: Plataforma continental do Estado Português.
 Fonte: EMEPC (2015)

Atualmente, os eventos referidos, nomeadamente os derrames de hidrocarbonetos no mar, são monitorizados através de diversos mecanismos, nomeadamente, satélites, veículos aéreos (tripulados ou não-tripulados) e embarcações (IPIECA, IOGP & IMO, 2016). Estes dispositivos estão equipados com sensores e ferramentas que fornecem uma elevada capacidade de deteção de incidentes. Alguns destes dispositivos, nomeadamente os satélites e os veículos aéreos têm a capacidade de deteção remota, que é essencial no auxílio da tomada de decisão e na execução de planos de contingência já previstos. A deteção remota define-se como a deteção e obtenção de informações sobre um fenómeno ou um objeto, sem que tenha contacto físico com o mesmo (Respostas, 2010). Esta pode ser auxiliada por outras técnicas, fotografia e vídeo, de forma a fornecer dados sobre o local, o tamanho e a direção de um derrame de óleo (IPIECA, IOGP & IMO, 2016). No entanto, cada acidente ou desastre acontece em diferentes circunstâncias. Para a monitorização aérea ser completa, por vezes é necessário combinar diversas técnicas e ferramentas de monitorização.

Apesar do avanço da tecnologia e dos investimentos realizados, ainda existe um atraso temporal na deteção e erros na identificação de determinadas ocorrências, tais como a distinção entre manchas de hidrocarbonetos e manchas originadas por condições ambientais ou fenómenos ambientais. Esta combinação de sistemas, ferramentas e meios tem um custo financeiro e um empenho de recursos humanos associado que pode ser considerado elevado aquando em situações de falsos alarmes.

Definição do Problema

Dada a responsabilidade das autoridades marítimas em vigiar e zelar pelo adequado uso das zonas costeiras, é fundamental a monitorização por forma a antecipar e mitigar os danos em situação de incidentes. Desta forma, a monitorização do litoral português é fundamental. Para uma resposta eficaz, é importante ter métodos rápidos, eficazes e operacionais na deteção dos incidentes por forma a evitar que o mesmo se alastre ou que gere outros incidentes, originando uma situação grave e que leve ao empenho de um grande número de meios humanos e materiais.

A operacionalidade, por vezes, é limitada pelo estado dos meios, o que torna importante criar soluções de baixo custo de obtenção e manutenção para responder às necessidades da monitorização do litoral. Neste sentido, esta dissertação pretende estudar uma solução eficiente e eficaz, capaz de detetar e identificar incidentes no litoral, que auxilie na tomada de decisão das autoridades marítimas.

Objetivos e Questões de Investigação

Esta dissertação tem como objetivo propor métodos de baixo custo e menor empenho de recursos humanos, que permitam, de forma expedita e eficiente, a deteção, reconhecimento e classificação de incidentes, com taxas de erro aceitável, na zona costeira e águas interiores. Pretende-se, assim, com este trabalho, disponibilizar às autoridades marítimas, uma capacidade de intervenção mais célere e eficaz no controlo de incidentes marítimos, contribuindo para uma maior proteção da saúde pública das populações e das atividades económicas desenvolvidas na orla costeira. Assim, a questão principal (QP) de Investigação formulada para a presente dissertação é a seguinte:

- Que solução propor para a monitorização eficaz e eficiente de incidentes na costa litoral portuguesa?

Subjacente à questão principal de investigação, formularam-se igualmente três questões derivadas (QD), cujas respostas irão sustentar a resposta à questão principal:

1. Quais os incidentes marítimos de risco mais elevado no litoral português?
2. Qual a eficácia e eficiência dos métodos e técnicas de vigilância de incidentes no litoral?
3. Qual a arquitetura adequada de uma solução eficiente e eficaz de monitorização a incidentes marítimos?

Assim, as respostas a estas questões derivadas, contribuirão para a resposta à questão principal da dissertação, designadamente se a solução proposta é eficaz e eficiente na deteção e identificação de incidentes no litoral.

Metodologias da Investigação

Para a realização da dissertação, recorreu-se ao método de *Design Science Research* como forma de obter conhecimento, para posterior teste e validação de hipóteses, apoiado em observações e experiências, que venham consolidar teorias científicas por forma a determinar instrumentos eficazes de reconhecimento e classificação de poluição em águas de zonas costeiras.

Segundo (Takeda et al., 1990), o primeiro passo deste método de investigação é a consciencialização, ou seja, a formalização do problema. Esta fase é realizada no capítulo 1 e 2 onde, primeiramente, é estudado o problema, as respetivas consequências e formulada uma proposta de solução. Posteriormente, são estudados os métodos e técnicas utilizadas para mitigar o problema e para integrarem a solução proposta.

Posteriormente, o desenvolvimento do artefacto é o próximo passo. No capítulo 3 está explanada a conceção do artefacto, tendo em conta os requisitos estabelecidos com o objetivo de propor uma ferramenta de monitorização de incidentes marítimos nas zonas costeiras.

De forma a testar a solução, segue-se a fase de avaliação, nos capítulos 4 e 5, onde o artefacto é exposto a um rigoroso processo de verificação do seu comportamento no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções para que foi concebido alcançar. Neste ponto da investigação é fundamental: explicitar, de forma clara, o ambiente interno, o ambiente externo e os objetivos; explicitar como pode ser testado o artefacto; e descrever os mecanismos que calculam os resultados.

Por fim, uma conclusão na qual é feita uma formalização geral do processo.

Tendo em conta este método, o estudo inicia com uma fase teórica, baseada na revisão de conceitos, leitura, análise e interpretação de documentação científica já realizada. Posteriormente, tem uma fase experimental que consiste na recolha e análise de dados de poluição num ambiente a simular poluição no mar nas zonas costeiras. Na fase de conceção do artefacto é desenhado um protótipo de uma aplicação móvel para a deteção de incidentes marítimos nas zonas costeiras. Para teste e validação do artefacto, será recolhida a resposta de potenciais utilizadores.



FIGURA 2: Processo de Design Science Research.
 Fonte: Adaptado de Kuechler, Petter e Vaishnavi (2012)

Estrutura

A presente dissertação está dividida em 7 partes.

Primeiramente, **na introdução** é elaborado um breve enquadramento do propósito da dissertação, definida a problemática envolvida, os objetivos e as questões na qual se baseia a investigação, a metodologia que é respeitada e, por fim, a estrutura da dissertação.

No **capítulo 1** é abordado o domínio do problema, onde é feito um enquadramento do tema, onde são identificados os riscos marítimos associados às zonas costeiras e onde estão explanados os componentes fundamentais para um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos.

De seguida, o **capítulo 2** é uma abordagem à revisão de literatura estudando e analisando o estado da arte da problemática, onde serão especificados conceitos determinantes e abordados processos de conceção da solução. Também aqui são definidos os componentes que integram a solução proposta e que melhor se adequam ao seu objetivo final da dissertação.

No **capítulo 3**, a abordagem centra-se na conceção da solução baseada nos componentes definidos no capítulo 1 e estudados no capítulo 2.

Seguidamente, no **capítulo 4** são explicados os passos efetuados para a recolha dos dados e o tratamento dos mesmos, retirando a informação relevante.

No **capítulo 5** são analisados os dados e validada a solução através dos resultados do teste da solução proposta e das respostas de potenciais utilizadores a um inquérito.

Por fim, **a conclusão** consiste numa breve síntese respondendo à questão principal e onde são realizadas recomendações futuras.

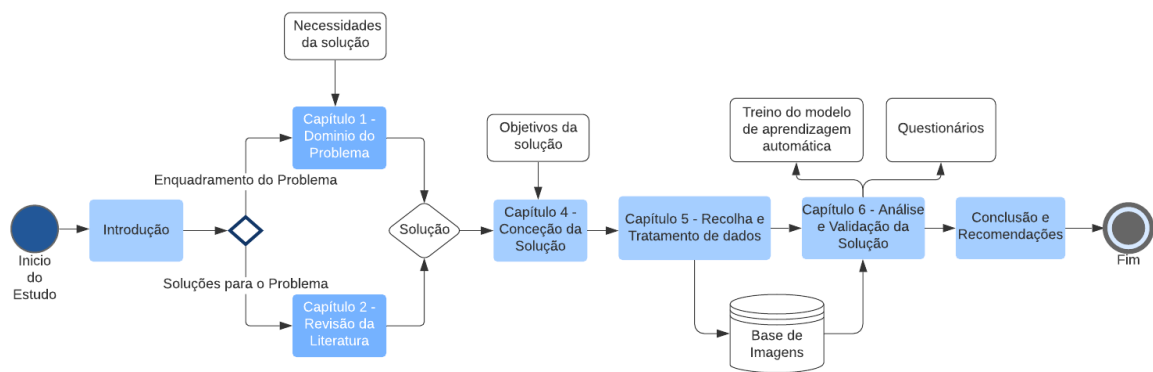


FIGURA 3: Estrutura da Dissertação

Capítulo 1

Domínio do Problema

O presente capítulo enquadra o leitor na problemática. A investigação iniciou com o estudo dos diversos perigos associados às zonas costeiras e o impacto dos mesmos na sociedade. Para isto, é feito um breve enquadramento da importância do Litoral Português e quais as autoridades responsáveis pela segurança e vigilância do mesmo.

No final deste capítulo são definidos os perigos que são alvo de investigação.

1.1 Enquadramento

O Oceano é, desde a época dos descobrimentos, um fator fundamental para o desenvolvimento cultural, científico e comercial de Portugal. Tem uma localização geográfica particular por ser o país mais a Oeste da Europa, por ser banhado pelo Oceano Atlântico em toda a sua costa e por, resultante destas características, constituir um elo de ligação entre a Europa, América e África (Rodrigues, 2019). Esta localização oferece potencial para a afirmação da Nação Portuguesa na Europa. Para isto, Cunha (2004) estabelece como pilares fundamentais: a Segurança Marítima, a Economia e a Cooperação Internacional. Estes três pilares interligam-se. Para uma economia forte, é necessário haver segurança para permitir que esta se desenvolva. Com estas condições, o interesse por parte de outros estados, surge e permite concretizar cooperações internacionais.

Anualmente no setor do turismo, Portugal atrai inúmeros turistas estrangeiros. Segundo a conta satélite do Turismo do Instituto Nacional de Estatística (INE), estima-se que em 2018 o valor do setor do turismo tenha representado 14,6% do PIB nacional (INE - Serviço de Comunicação e Imagem, 2019). Analisando o documento de suporte ao acompanhamento das políticas do mar de 2018, observamos uma diminuição de 10,8% das capturas de pescado entre os anos de 2009 e 2018. Porém, observa-se um crescimento do valor transacionado em lota (DGPM, 2019). Estes dados demonstram o impacto que o turismo e a pesca têm na economia Portuguesa. Para que a economia continue a desenvolver, é fundamental zelar pela segurança da população pois diversas são as ameaças costeiras que podem surgir do mar para a terra ou vice-versa. Devido à prática da pesca, o tráfego marítimo-portuário aumenta e a probabilidade de ocorrerem acidentes com embarcações, afogamentos ou

derrames de óleos no mar, também aumenta. A afluência de turistas e de portugueses às zonas costeiras na época balnear, também contribui para o aumento do risco de ocorrência de incidentes. Estes são exemplos de riscos associados ao ambiente marítimo, que aumentam com o desenvolvimento da economia.

No entanto, este crescimento económico é fundamental para o País e deve continuar. Porém, um maior investimento nas indústrias marítimas e no comércio costeiro, originará uma maior intensidade de tráfego marítimo-portuário e uma maior procura da população pelo litoral português, que, certamente, trará novas ameaças à segurança. Também o tráfego marítimo ao largo da costa portuguesa, os acessos aos portos e às águas interiores aumentam o risco de ocorrência de incidentes junto ao litoral. Isto implica uma maior necessidade de prevenir a ocorrência de incidentes graves com implicações na sociedade e na economia portuguesa. Esta prevenção exige uma monitorização e vigilância eficaz e eficiente.

A missão principal da Marinha Portuguesa é «contribuir para que Portugal use o Mar» e para que isto seja possível, a Marinha atua em três vertentes: a Defesa Militar, garantindo uma atuação em amplas tarefas com uma defesa militar própria e autónoma, com ações de defesa coletiva e com ações de proteção dos interesses nacionais e diplomacia naval; a Segurança, garantindo o regular uso dos espaços marítimos através da fiscalização, da vigilância, da salvaguarda humana e da segurança da população no mar; e o Desenvolvimento económico, científico e cultural, através da indústria de construção e reparação naval, dos institutos e centros de investigação, e da preservação da cultura marítima através de navios museus, entres outros (Marinha, 2018).

A Marinha contribui e colabora com outras entidades, nomeadamente, a Autoridade Marítima Nacional (AMN) em missões de interesse público fornecendo apoio material e de recursos humanos. Estas e outras colaborações exigiram a necessidade de reforçar a eficácia da administração das entidades com responsabilidade e intervenção no espaço marítimo português, o que levou à criação de um Sistema da Autoridade Marítima (SAM). O SAM agrega todas as entidades intervenientes nos espaços marítimos, onde Portugal tem soberania, e tem por fim melhorar a eficiência na vigilância, controlo e fiscalização desses mesmos espaços (Cajarabille, 2009). A Figura 1.1 apresenta todas as entidades que constituem o SAM, de acordo com o Decreto-Lei n.º 44/2002, de 2 de março.

Desde 2002 que a Marinha passou a ter um papel interventor em ações militares e ações de serviço público não-militar, iniciando o modelo de Duplo Uso que só ficou consagrado na Lei Orgânica da Marinha, em 2009 (Decreto-Lei n.º 185/2014, 29 de Dezembro).

Em Portugal cabe às autoridades marítimas, nomeadamente, à Marinha Portuguesa e à AMN, a preservação e a segurança do mar. Porém, compete à AMN a coordenação das atividades a executar nos espaços públicos e marítimos de soberania e jurisdição nacional, no âmbito nacional.

A Direção-Geral da Autoridade Marítima (DGAM) é responsável pela direção, coordenação e controlo das atividades exercidas pelos seus órgãos e serviços no

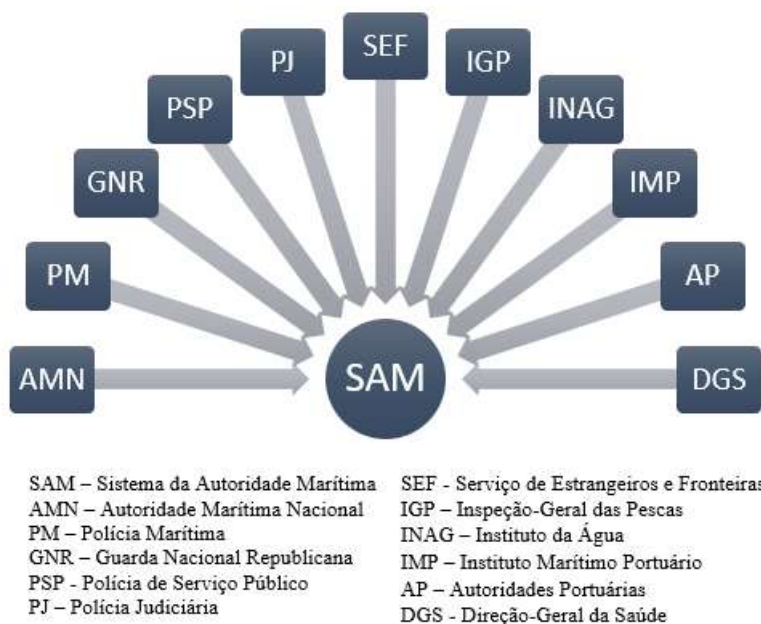


FIGURA 1.1: Órgãos constituintes do SAM

âmbito da AMN (Decreto-Lei n.º 44/2002, de 2 de março). Órgãos e serviços, na qual integram as Capitánias dos portos e o Instituto de Socorro a Náufragos (ISN) que atuam localmente, e a Direção de Combate à Poluição do Mar (DCPM) que apoia os órgãos locais e regionais em situação de poluição no mar.

As capitánias dos portos são os órgãos que asseguram a execução das atividades nos espaços marítimos sob jurisdição nacional. É ao capitão de porto, a autoridade local, a quem cabe manter a segurança, o policiamento e a fiscalização da navegação, de pessoas e bens. As competências do capitão de porto estão descritas no Decreto-Lei n.º 44/2002, de 2 de março, onde percebemos as vastas funções que o mesmo tem nas áreas de jurisdição nacional. Entre elas, o capitão de porto deve zelar pelo eficaz cumprimento da proteção do domínio público marítimo, da segurança da navegação e da garantia de salvamentos marítimos.

Sendo, também uma das funções da AMN, a salvaguarda do ambiente marinho, à Direção de Combate à Poluição do Mar compete a direção técnica nacional em matéria de prevenção e combate à poluição do mar, nos espaços sob jurisdição da AMN. Esta é a direção responsável por executar operações de combate à poluição no mar, no 1º grau de prontidão do Plano Mar Limpo (PML) e apoiar os órgãos e serviços da DGAM nos 2º e 3º graus de prontidão do PML.

1.2 Riscos e Incidentes nas zonas costeiras

Lins-de-Barros (2014) afirma que o risco está associado ao impacto esperado, numa determinada área costeira, que os perigos humanos ou naturais podem

provocar na sociedade. O impacto deste depende da relação entre a probabilidade de ocorrência de um incidente, derivado da frequência de ocorrências, e da magnitude do incidente com a exposição à população, aos ecossistemas, às atividades económicas ou às infraestruturas. Estes riscos estão inerentes a todas as regiões costeiras e constituem inúmeros desafios para as autoridades.

A ocupação das zonas costeiras pela população, proporciona um aumento do risco de ocorrência de incidentes na orla costeira. Segundo a ANCORIM (2014), cerca de 50% da população mundial vive a 200 km da costa. Em Portugal a faixa costeira tem cerca de 987 quilómetros e cerca de 75% da população portuguesa vive no litoral (APA et al., 2017). Além disso, as atividades económicas dependentes e instaladas no litoral, como a pesca e aquacultura, o turismo e atividades de lazer, a ocupação industrial e urbana, etc., motivam a centralização da população no litoral. Também estão centradas as principais áreas urbanas e de infraestruturas, com tendência para aumentar com a migração do interior para o litoral do país, que se tem verificado ao longo dos anos. Por toda a área costeira, estão um conjunto de patrimónios naturais que confere a Portugal uma riqueza paisagística e biológica que é de seu interesse preservar. As áreas classificadas como protegidas são cerca de 50% do total, constituindo a Rede Nacional de Áreas Protegidas (ANCORIM, 2017).

Esta aproximação às zonas costeiras expõe a população a fenómenos naturais que são considerados perigosos. Segundo ANCORIM (2017), os perigos são classificados como naturais e antrópicos.

Os perigos naturais são todos aqueles que têm origem em fenómenos naturais como a erosão costeira, que ocorre devido às tempestades e à intensa agitação marítima; as inundações costeiras; as alterações climáticas, que têm impacto direto na conservação dos ecossistemas; a subida do nível do mar que terá impacto na erosão costeira e na segurança das infraestruturas costeiras; o vento; e a onda gigante, denominada Tsunami (Tabela: 1.1).

Os perigos antrópicos são todos aqueles que têm influência humana como por exemplo o desenvolvimento costeiro e a construção de infraestruturas; o investimento na indústria costeira e nos portos de abrigo; a exploração intensiva na área da agricultura com o uso de pesticidas; o aumento do turismo e do lazer nas zonas costeiras; a pesca excessiva; as estruturas *off-shore* utilizadas para a extração de petróleo e gás; e a qualidade da água que é afetada pelas descargas de esgotos nos rios e nos mares (Tabela: 1.1).

TABELA 1.1: Perigos Naturais e Antrópica

Perigos Naturais	Perigos Antrópicos
Erosão Costeira	Desenvolvimento Costeiro
Inundações costeiras	Indústrias Costeira e portos de abrigo
Subida do Nível do mar	Turismo e Lazer
	Pesca e aquacultura
	Poluição

Estes fenómenos constituem uma preocupação para qualquer país com ligação ao mar. A costa atlântica está exposta a estas ocorrências, no entanto, para cada região, existem fenómenos que ocorrem com maior probabilidade. No caso de Portugal, segundo a ANCORIM (2017), os perigos mais comuns são: a erosão do litoral e a mobilidade da linha costeira, as inundações, a alteração da qualidade da água, a perda e transformação de praias e sistemas de dunas, a alteração do curso da água, a poluição resultante de acidentes e de atividades industriais e as tempestades e ventos fortes.

Para o controlo e resolução destes incidentes nas zonas costeiras, é necessário um extenso conjunto de entidades com diferentes competências, mas com o mesmo objetivo.

Abaixo são descritos e caracterizados os perigos mais comuns:

- Erosão do Litoral e mobilidade da linha costeira

O litoral apresenta uma estrutura bastante difusa com ampla variabilidade espacial e temporal (APA et al., 2017). É neste que ocorre a constante interação entre o mar e a terra, que resulta numa erosão terrestre. Este processo geológico pode causar incidentes graves ou manifestar-se através do recuo da linha costeira. Estes são causados, principalmente, pela força e frequência das ondas do mar, do vento ou da corrente marítima. A acrescentar a estas interações naturais, a ocupação antrópica aumenta a pressão exercida nestes locais com a ocupação costeira e o desenvolvimento das atividades económicas. A erosão costeira, também é causa do risco de quedas de arribas em praias devido ao impacto do mar e à remoção de sedimentos das mesmas. Isto são perigos que constituem riscos para os banhistas em grande parte das praias portuguesas.

O recuo da linha costeira é um tema atual, devido à subida do nível médio das águas do mar, sendo uma das preocupações para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que no plano de ação litoral de 2017, aponta preocupações e soluções para esta problemática. Esta subida do nível médio das águas do mar, é provocada devido ao aquecimento dos oceanos e do degelo de grandes glaciares. Segundo Antunes (2016) que analisa a subida do nível médio do mar em Cascais, nos últimos anos a tendência tem sido uma aceleração na subida do nível médio do mar. A Figura 1.2 demonstra os locais em situação de

erosão ao longo da costa portuguesa e é possível constatar que este fenómeno está presente em grande parte do litoral português.



FIGURA 1.2: Troços da linha costeira em situação de erosão em Portugal entre 1958-2010
Fonte: (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019)

- Inundações Costeiras

Inundações são causadas por galgamento, fissuramento ou transbordo de defesas contra as enchentes, como diques ou dunas costeiras. Porém, inúmeros fatores naturais provocam esta ocorrência, como tempestades que provocam uma subida do nível médio do mar muito superior ao normal devido a chuvas intensas. Uma tempestade com chuva e ventos intensos, pode provocar uma forte agitação marítima capaz de galgar diques e atingir a população situada junto ao litoral.

Em Portugal, durante os invernos, surgem inúmeras situações destas, que a AMN faz questão de alertar, previamente, por forma a minimizar o impacto destes riscos na população (Figura: 1.3).

Pereira e Coelho (2013) estudaram a vulnerabilidade, a exposição e o risco de exposição ao mar na zona entre Espinho e Mira, na região Centro de Portugal.

Esta zona é considerada uma área de risco para a ocorrência de inundações devido à pressão antrópica e à forte ação energética exercida pelo mar. Com este estudo, concluíram que todas as zonas estão vulneráveis e que em todas existe um risco elevado de ocorrência de inundações costeiras, havendo zonas consideradas de alta vulnerabilidade.



FIGURA 1.3: Galgamento do mar nas praias da Costa da Caparica

Fonte: (Expresso, 2014)

- Poluição marítima

A poluição marítima pode ter diversas origens: no transporte marítimo ou fluvial, no despejo de resíduos no mar ou nos rios, no uso de fertilizantes, pesticidas, herbicidas e outros agentes químicos utilizados na agricultura e que, posteriormente, irão afetar a composição da água que desaguará no mar ou em rios, entre muitos outros que afetam o ambiente marinho. Por exemplo o afundamento do petroleiro Prestige, em 2002, na costa da Galiza, que originou uma maré negra¹ e poluiu cerca de 70% das praias do norte de Espanha. Também as cadeias alimentares, provenientes do mar, que têm como último destino o consumo, demonstram o risco a que os países costeiros estão expostos. Do mesmo modo, a indústria de extração de gás e petróleo e as refinarias também constituem um risco de poluição marítima, nomeadamente, através de fugas do transporte dos fluídos. Além disso, estima-se que todos os anos vão parar ao mar cerca de 8 milhões de toneladas de plásticos proveniente de inúmeras fontes como descargas de esgotos no mar ou simplesmente lixo residual deitado ao mar (Mallos Nicholas, 2020).

Estas atividades afetam a qualidade da água de forma direta ou indireta, através da destruição de ecossistemas e consequências nos animais marinhos, e têm consequências em todas as atividades relacionadas com o mar, como a

¹Manchas de óleo originadas pelo derrame de petróleo bruto no meio marinho.

pesca costeira e a aquacultura, as atividades de lazer e o turismo, refletindo um impacto na economia das zonas costeiras.

Em suma, com o descrito acima, percebemos que todos os incidentes podem estar relacionados e que a ocorrência de um deles pode despoletar a ocorrência de outro, constituindo um perigo para a população.

Com objetivo de mitigar o risco de ocorrências ou minimizar o seu impacto, o investimento na vigilância e na monitorização proporciona um maior poder de decisão às entidades responsáveis e assegura uma maior segurança por forma a contribuir para que Portugal use o Mar. Um investimento na prevenção pode evitar investimentos superiores na reparação e reconstrução da economia e evitar pôr em causa a salvaguarda da população.

Desta forma, no sentido de definir as necessidades de um sistema de deteção de incidentes marítimos, o estudo focar-se-á na poluição marítima, nomeadamente nos derrames de hidrocarbonetos no mar, por ser um incidente que pela sua natureza possibilita uma maior acessibilidade na sua simulação. De seguida, são apontadas medidas que contribuíram para a diminuição da ocorrência deste incidente e que ajudarão a definir os requisitos dos sistema a propor.



FIGURA 1.4: Caravela-Portuguesa
 Fonte: (Space Coast Daily, 2018) e (Debbie White, 2019)

1.3 Derrames de hidrocarbonetos no mar

As principais causas de poluição por hidrocarbonetos podem ser divididas em três tipos (Moreira, 2016):

- Poluição Operacional - Proveniente de operações de cargas e descargas de hidrocarbonetos;
- Poluição por descarga de lastro contaminado e lavagem de tanques - Atualmente, os navios de determinadas dimensões já possuem *slop tanks*² e ao chegar a um porto descarregam esses líquidos em determinadas instalações com a função de recolha dos mesmos;
- Poluição por acidentes marítimos - Estes incidentes originam as chamadas «marés negras».

²tanques que guardam a água contaminada

1.3. Derrames de hidrocarbonetos no mar

Têm sido estabelecidas inúmeras medidas por forma a minimizar os acidentes marítimos entre embarcações. A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar - a Convenção *Safety of Life at Sea* (SOLAS); a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios - a Convenção *Marine Pollution* (MARPOL); e a Convenção Internacional sobre Normas de Formação, de Certificação e de Serviços de Quartos para os Marítimos - Convenção *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafares* (STCW) são três documentos que servem de pilares para a segurança no mar. No entanto, a Convenção SOLAS, é a convenção que mais contribuí para a diminuição de colisões entre navios com a criação de obrigações gerais e de procedimentos gerais. Consequentemente, a redução dos acidentes entre navios, resulta numa menor probabilidade de derrame de hidrocarbonetos no mar. A Figura 1.5 mostra uma evolução positiva, desde 1970 até 2019, dos derrames de hidrocarbonetos com peso superior a 7 toneladas no mar resultado das medidas acima referidas.

Além disto, também foram desenvolvidas medidas para mitigar a poluição por descargas de lastro contaminado e lavagem de tanques. A Convenção Internacional para o Controlo e Gestão das Águas de Lastro e Sedimentos dos Navios, é um exemplo de uma medida recente que foi criada em 2004, mas implementada em Portugal nos finais de 2017.

Estas medidas têm, em primeiro lugar, o objetivo de minimizar as ocorrências no mar, por forma, a aumentar a segurança para quem utiliza o mar por profissão ou de forma recreativa. Por outro lado, também tem o objetivo de diminuir os derrames de hidrocarbonetos resultante de incidentes marítimos.

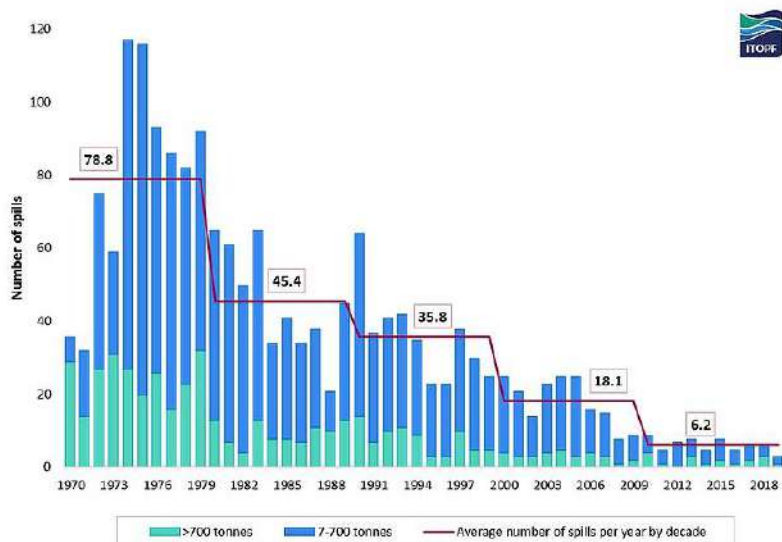


FIGURA 1.5: Número de derrames (>7 toneladas) entre 1970 e 2019

Fonte: (ITOPF, 2020)

Apesar das medidas implementadas, segundo dados estatísticos de 2019 da DCPM, foram reportados 240 incidentes de poluição marítima. De acordo com a

DGAM (2011), as principais fontes de poluição na costa portuguesa são os navios e, com menor impacto, as instalações costeiras.

Derrames de hidrocarbonetos que atinjam as zonas costeiras envolvem um elevado empenhamento de recursos humanos, materiais e financeiros para a limpeza dos locais afetados. Estes podem ter consequências devastadoras nas praias e destruir ecossistemas (Klemas, 2011) (Figura: 1.6).



FIGURA 1.6: Imagem representativa da consequência de derrames de hidrocarbonetos em zonas costeiras
Fonte: (Page et al., 2011)

1.4 Sistemas de combate ao derrame de hidrocarbonetos no mar

O objetivo de mitigar o impacto da poluição nos oceanos é comum a várias organizações e empresas. Estas elaboram regulamentos e desenvolvem sistemas que são um auxílio na localização e deteção de manchas de óleos no mar.

A *International Maritime Organization* (IMO) é uma agência das Nações Unidas responsável pela segurança e salvaguarda de navios mercantes e pela prevenção de poluição marítima por parte dos navios. Esta agência em conjunto com outras organizações, como a *International Petroleum Industry Environmental Conservation Association* (IPIECA), elaboram manuais para auxiliar na identificação, deteção, resposta e prevenção de derrames de hidrocarbonetos no mar .

A *European Maritime Safety Agency* (EMSA) é a agência que presta assistência técnica e operacional por forma a contribuir para a segurança marítima, e para a prevenção e combate à poluição. Contribui para os países da União Europeia (UE) em duas vertentes: (a) prevenção, através da monitorização da aplicação das leis e a avaliação da sua eficácia, e (b) operacional, através da disponibilização de navios de combate aos derrames de hidrocarbonetos e do uso de satélites para a deteção de poluição no mar (UE, 2019). O *CleanSeaNet* é um dos serviços prestados pela EMSA com o objetivo de monitorizar derrames de óleos e detetar navios. Este serviço utiliza satélites para recolher a informação sobre o tráfego marítimo e

sobre derrames de óleos no mar. Através da atualização do tráfego marítimo dia após dia, consegue detetar descargas de óleos e identificar o navio que o descarregou ilegalmente. Este serviço demora cerca de 20 minutos a efetuar o alerta em caso de deteção de derrames de óleos. No EMSA (2019) estão descritos exemplos da utilidade deste serviço no apoio ao combate de derrames de óleos.

A nível nacional, a DCPM elaborou documentos que auxiliam na avaliação das manchas de hidrocarbonetos no litoral e na previsão da deriva dos derrames, por forma a identificar a direção da mancha e localizá-la. Esta direção também usufrui de softwares que apoiam na estima da posição e do comportamento do derrame de óleo. O software *Automated Data Inquiry for Oil Spills* (ADIOS) é um modelo de previsão do comportamento dos diferentes óleos quando entram em contacto com a água do mar. Isto é útil para uma fase de resposta ao derrame de óleo porque oferece informação fundamental para a escolha do método mais eficaz. Também o software *Oil on Water Trajectory Calculator* tem como objetivo estimar a trajetória do derrame de óleo tendo em conta as condições do vento e da corrente, principalmente velocidade e direção.

A Marinha Portuguesa utiliza o sistema de vigilância, *Oversee*, que providencia um panorama situacional marítimo de apoio à resposta eficaz nas vertentes da segurança, salvaguarda da vida humana e proteção ambiental. Este software compila vários sistemas utilizados pela Marinha Portuguesa como *Automatic Information System* (AIS) que permite ter acesso ao percurso que o navio já efetuou, contribuindo para a identificação da origem dos derrames de hidrocarbonetos no mar.

Em 2018, o sistema *Costa Segura* foi implementado em Portugal. Este sistema permite o controlo da navegação junto aos portos, o apoio nas operações de busca e salvamento e nas operações de combate à poluição. Utiliza equipamentos como radares e as câmaras óticas, para monitorizar e visualizar vários locais da costa Portuguesa.

1.5 Requisitos de um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos

Os diversos perigos associados às zonas costeiras são um desafio para as autoridades. Estas trabalham no sentido de antecipar, diminuir e eliminar os incidentes por forma a proteger a população, o meio ambiente e a economia. A ampla zona marítima de jurisdição e soberania pertencente a Portugal, exige um elevado empenhamento de meios e um elevado investimento financeiro para garantir a segurança e a salvaguarda humana. Para uma reação eficaz das autoridades aos incidentes marítimos é fundamental um sistema de apoio que forneça informações em tempo real. No sentido de contribuir para esta eficácia no litoral português, a presente dissertação pretende propor um sistema de baixo custo para detetar e identificar incidentes costeiros.

No litoral português podemos encontrar locais de extenso areal, locais onde o areal é reduzido, locais maioritariamente compostos por zonas rochosas e locais com elevadas arribas (APA et al., 2017). Isto obriga que os meios empenhados para a vigilância e a monitorização possuam uma grande versatilidade. Um equipamento de pequeno porte e estável pode ser considerado bastante versátil pois permite visualizar locais, que por outros meios não seria possível, permitindo ao controlador do equipamento estar num local seguro e fora de perigo.

Para a monitorização e vigilância pretende-se que equipamento seja fácil de transportar e fácil de operar. A monitorização e vigilância podem ser realizadas de formas distintas: (a) a autoridade, que está a realizar a vigilância no terreno, deve ter a possibilidade de recorrer ao equipamento em caso de necessidade; (b) as autoridades que se deslocam ao local, devido à receção de um alerta, devem ter a possibilidade de transportar um equipamento com melhores capacidades. Contudo, o ideal é que o equipamento utilizado pelas autoridades no terreno permita que sejam recolhidas informações esclarecedoras do incidente que facilitem a tomada de decisão. Para que este seja uma boa fonte de informação deve confirmar ou descartar o alerta movimentando apenas os meios de intervenção necessários (DGAM, 2011).

A deteção de alvos no mar é difícil mesmo em condições de boa visibilidade. A luz solar reflete no mar e provoca encandeamento, a agitação marítima dificulta a identificação de alvos no mar e a precipitação diminui a visibilidade. A atuação no mar tem inúmeros fatores que tornam a vigilância e a monitorização uma tarefa bastante complexa. Desta forma, através do estudo dos sensores utilizados na deteção de manchas de hidrocarbonetos no mar, procura-se encontrar uma solução que obtenha bons resultados. O sensor escolhido deve ter a capacidade de superar as dificuldades mencionadas acima e facilitar a visualização do incidente, fornecendo informações essenciais para a preparação da resposta.

Para a deteção automática de poluição no mar é necessário programar o modelo de deteção de forma que este reconheça a poluição. Este modelo de deteção automática deverá distinguir poluição de falsos alarmes como por exemplo algas ou sombras originadas pelo vento ou pelas nuvens. Para isto este deve ser treinado com inúmeras imagens de vários ângulos, a várias altitudes e em várias condições meteorológicas.

Por forma a compilar os dados e facilitar a interação entre o utilizador e o equipamento considera-se fundamental a existência de uma interface gráfica. A visualização da interface deve ser amigável e intuitiva. Deve conter ícones, gráficos e janelas de visualização que permitam uma fácil interação do utilizador. Ou seja, deve permitir que o utilizador comunique as necessidades (dados de entrada) e que o sistema comunique o resultado, tendo em conta os requisitos introduzidos (dados de saída). A interface também deve ser funcional, ou seja, deve permitir que o utilizador navegue facilmente e realize o que pretende rapidamente.

Os utilizadores deve ser um fator a ter em conta. A construção deste sistema tem em conta que o utilizador final serão autoridades marítimas com pouca ou nenhuma formação e experiência no uso de drones. Desta forma, esta interface deverá oferecer a funcionalidade de criar um plano de voo através de métodos simples e

práticos, acessível a qualquer utilizador. Porém, também deverá ter funcionalidades que permita o utilizador criar um plano de voo com características específicas.

Em suma, uma interface gráfica é a ponte entre o sistema e o utilizador através de gráficos, ícones e janelas de visualização. Por isso, deve ser simples e prática por forma a motivar e simplificar o trabalho do utilizador na recolha de informações. A criação desta interface tem como objetivos principais:

- Fácil interação entre o drone e o utilizador;
- Visualização simples e clara;
- Reunir e expor informações relevantes;
- Simplificar a interpretação da informação.

1.6 Conclusão

A proximidade ao mar tem benefícios evidentes para Portugal, porém, face aos inúmeros perigos associados, compete às autoridades marítimas mitigar o risco de ocorrência de incidentes garantindo a segurança de todos que utilizam o mar com fins recreativos ou profissionais.

Como resposta à QD 1 «Quais os incidentes marítimos de risco mais elevado no litoral português?», são identificados a erosão do litoral, a mobilidade da linha costeira, as inundações costeiras, a alteração da qualidade da água e a poluição no mar como principais incidentes de risco para o litoral português.

Desta forma, procuram-se métodos eficazes e eficientes que auxiliem as autoridades (AMN) na deteção e identificação de perigos em tempo real. Um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos é o objetivo de estudo da presente dissertação sendo que o incidente em estudo são os hidrocarbonetos no mar, por ser uma das principais fontes de poluição no mar. Esta dissertação focar-se-á no estudo dos métodos de deteção de derrames de hidrocarbonetos existentes e será realizado o teste prático de um dos métodos. Adicionalmente, serão revistos os métodos utilizados para monitorizar e detetar outros incidentes que não os hidrocarbonetos no mar. Será também iniciado o desenvolvimento de um protótipo da interface gráfica de uma aplicação móvel que permite às autoridades marítimas monitorizar e detetar incidentes marítimos.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

Para os diversos riscos inerentes a uma área costeira, existem variados métodos de monitorização e de atuação. A monitorização é importante pois fornece informações e dados contínuos que permitem tomar decisões de forma expedita e fundamentada (Fachin et al., 2006).

Neste capítulo serão abordados os métodos utilizados na monitorização das zonas costeiras, desde os métodos convencionais aos métodos mais recentes, a vantagem do uso de aeronaves tripuladas e não-tripuladas para a monitorização costeira e os meios e sensores utilizados para a deteção de manchas de hidrocarbonetos no mar. Esta fase tem como objetivo definir e propor métodos a utilizar no desenvolvimento da solução.

2.1 Meios de monitorização

A Marinha e a AMN partilham meios e esforços para garantir a segurança e salvaguarda da vida humana e dos bens pertencentes a Portugal. Os riscos e perigos em zonas costeiras são amplos e estão em constantes alterações devido à interação entre o mar e a zona terrestre ou da interação do mar com a população (Correia, Marques & Graça, 2020). A necessidade de ter uma vigilância constante e em tempo-real é fundamental para evitar desastres e aumentar a eficácia da atuação das autoridades marítimas.

Os meios convencionais destinados a responder perante ocorrências no mar territorial, em águas interiores ou nas praias passam pelo empenhamento de navios, aeronaves, pessoal ou veículos terrestres (DGAM, 2011). Estes meios são importantes na resposta a incidentes pois cada um deles tem características próprias que podem resultar numa melhor solução dependendo do sinistro. O empenhamento de navios em sinistros no mar territorial é a melhor forma de transportar materiais, recursos humanos ou mantimentos. Além disso, o navio garante a capacidade de permanecer no local do sinistro, podendo improvisar uma base logística e operacional. Porém, para que um navio seja ativado, é necessário um amplo empenhamento de pessoal e material e um custo elevado, sem que o tempo de chegada ao local seja imediato. Ou seja, os navios são meios fundamentais na resposta a incidentes mas não são os ideais para resposta imediata.

Os meios terrestres têm características semelhantes aos navios. Porém, são meios que são ativados com um menor número de pessoal e, por isso estão operacionais num menor tempo. No entanto, devido ao tipo de deslocamento, o tempo de chegada ao local pode ser demorado em função da distância a percorrer.

Os meios aéreos são os que se deslocam a uma maior velocidade e tem a capacidade de chegar ao local no menor tempo. Também são os meios que são solicitados na primeira fase de resposta a incidentes quando não existem autoridades nas proximidades (DGAM, 2011). Estes meios têm a capacidade de percorrer uma área ampla durante um determinado período de tempo, a capacidade de transportar mantimentos ou pessoal para auxílio, no caso de haver pessoas em perigo no local do sinistro, e atuam em ambiente terrestre ou marítimo. As desvantagens destes meios são o risco do pessoal empenhado, a autonomia e o custo necessário para ativar uma aeronave.

Por último, a atuação das autoridades no local é o que todos os outros meios procuram resolver: a chegada de auxílio de pessoal especializado, no menor tempo possível, ao local do sinistro. Nas épocas balneares as autoridades, nomeadamente nadadores salvadores ou polícia marítima, encontram-se com maior presença nas zonas costeiras e nas praias, porém é insustentável preencher toda a zona costeira com autoridades locais. Por isso, procuram-se soluções para responder às lacunas que existem na prevenção e no tempo de atuação em situações de incidentes.

A deteção remota, que hoje é utilizada a nível global, veio auxiliar as autoridades na resposta a determinados desafios. Por exemplo, a nível ambiental na identificação de derrames de óleos, descargas ilegais ou lavagem de tanques (Brekke & Solberg, 2005; Fingas & Brown, 2018). As autoridades, através de imagens satélite, conseguem identificar o rasto deixado pelo navio, verificar o trajeto realizado e, assim, detetar o responsável pela poluição no mar. A utilização da deteção remota através dos satélites veio oferecer inúmeras vantagens às autoridades nas investigações de perigos e fenómenos que podem constituir um risco para a população. Este método tem aplicação em eventos prolongados e na pesquisa em áreas muito amplas, porém quando é necessário investigar situações num curto espaço de tempo e em zonas regionais ou locais, a informação satélite pode ser desatualizada e com resolução espacial insuficiente (Bonn Agreement, 2009). Apesar das informações resultantes dos satélites terem algumas lacunas, continuam a ser importantes e é um meio que deve ser utilizado na monitorização.

Uma solução para preencher as lacunas da deteção remota através de satélites, são as aeronaves. Estas, além de terem a capacidade de prestar auxílio, fazer salvamentos, efetuar investigações e procurar sinistros ou vítimas, seja no mar ou em terra, têm a capacidade de transportar câmaras e sensores que ajudam na discriminação do ambiente e melhoram a capacidade de investigação auxiliando na deteção e identificação das ocorrências. são meios utilizados nas missões de Busca e Salvamento devido à rapidez de operacionalidade e da capacidade de efetuar resgate ou acompanhar o incidente até à chegada de apoio.

As aeronaves tripuladas têm vantagens no modo de deslocamento que é traduzido na chegada rápida ao sinistro, o que é fundamental quando está em causa

a vida humana, direta ou indiretamente. Porém o empenhamento desta gama de meios requer empenhamento de pessoal e, por vezes, requer que o pessoal empenhado voe em situações de riscos sujeitando-se a perigos, que colocam as suas próprias vidas em perigo (Xiang, Xia & Zhang, 2019).

Atualmente, os veículos aéreos não-tripulados começam a ter capacidade para substituir as aeronaves tripuladas em determinadas circunstâncias. Já foi demonstrada a aplicação de VANTs na resposta a acidentes ou na vigilância de perigos. No estudo de Yeong, King e Dol (2015) vários tipos de aeronaves não tripuladas foram testadas numa primeira intervenção de assistência a banhistas ou a vítimas de um naufrágio transportando materiais salva-vidas.

Papakonstantinou, Topouzelis e Pavlogeorgatos (2016) estudaram duas praias diferentes com o objetivo de classificá-las por zonas através da análise de imagens da posição geográfica de objetos (GEOBIA) ou seja, através de um processo automático de classificação de objetos, tentam identificar diferentes zonas da praia. Neste estudo foi utilizado um VANT de asa rotativa com uma câmara fotográfica para a recolha das imagens. Para obter dados com maior resolução espacial, e produzir modelos 3D recorreram à técnica *Structure from Motion* (Sfm). O estudo demonstrou que o uso de VANTs na deteção remota é um método de baixo custo e com melhor precisão do que os métodos convencionais como satélite ou aeronaves tripuladas. Enquanto que a resolução espacial das imagens adquiridas por satélites e aeronaves é superior a 50 cm/px e 10 a 100 cm/px, respectivamente, a resolução espacial obtida neste estudo foi entre 2 a 5 cm/px.

As aeronaves não-tripuladas apresentam vantagens face às limitações de meios já referidos, nomeadamente, o fácil empenhamento da aeronave, a menor utilização de pessoal, a redução do risco humano e a melhor resolução espacial (Everaerts, 2008).

A combinação entre as medidas convencionais e a deteção remota são ferramentas que auxiliam as autoridades na prevenção e na monitorização de inúmeros incidentes. Estas novas ferramentas permitem que haja um menor empenho de recursos humanos e financeiros sem que a eficácia seja prejudicada. Além disso, têm a possibilidade de tratamento dos dados recolhidos, têm a capacidade de deteção e reconhecimento de acontecimentos que, aumenta significativamente com a possibilidade de os responsáveis serem alertados para os perigos ou riscos existentes.

Na Tabela 2.1 são comparados os métodos acima abordados, de acordo com um conjunto de características-chave. Como meios convencionais foram classificados os meios terrestres, aéreos e marítimos onde cabe ao elemento humano a procura e a deteção do incidente (por exemplo embarcações salva-vidas, navios com comprimentos superiores a 12 metros, aeronaves tripuladas, motas 4x4). Nos meios de deteção remota estão as plataformas, mais comuns, que suportam sensores, câmaras ou radares para a procura e deteção de incidentes.

TABELA 2.1: Comparação dos meios

	Deteção Remota			
	Meios Convencionais	Satélites	Aeronaves	VANTs
Grau de automatização (+)	1	4	3	4
Capacidade de efetuar resgate (+)	5	1	4	3
Tempo de operacionalidade (+)	5	3	4	1
Número de pessoas a empenhar (-)	5	2	3	2
Custo dos meios (-)	5	5	4	1
Risco das pessoas envolvidas (-)	5	1	3	1
Total	-4	0	1	4

Legenda: 1 - Muito Baixo; 2 - Baixo; 3 - Razoável; 4 - Alto; 5 - Muito Alto.

Da análise da Tabela 2.1, podemos concluir as vantagens de cada meio de monitorização:

- Os métodos convencionais têm uma maior capacidade de efetuar resgate, em caso de existência de pessoas em perigo;
- Os satélites recorrem à deteção remota e são altamente automatizados. Cumpram uma rota constante e periódica, apenas necessitando de controlo para verificar o bom funcionamento;
- As aeronaves com capacidade de deteção remota têm alguma automatização, graças às ferramentas adicionadas para melhorar a procura e a deteção, e têm a capacidade de efetuar resgate;
- Os veículos aéreos não-tripulados têm uma grande automatização porém necessitam de controlo em terra. Constituem o método de menor custo e, em algumas situações, podem apoiar a vítima transportando mantimentos ou meios de salvamento para o local do sinistro (Yeong, King & Dol, 2015).

É perceptível que as aeronaves tripuladas são meios úteis na busca e salvamento pois têm a capacidade de resgate e apoio às vítimas, de integrar equipamentos que permitem utilizar a deteção remota para melhorar a capacidade de deteção e conseguem executar pesquisa numa área ampla. No entanto, os veículos aéreos

não-tripulados são meios com uma ampla aplicação. Com a vantagem de serem de baixo custo e de não serem em risco a segurança das pessoas envolvidas, está a ser estudada a aplicação destes meios em vários cenários e áreas como a agricultura, a construção civil, a busca e salvamento, a construção de mapas florestais, entre outros.

De forma a concluir qual o melhor meio para integrar a solução proposta, foi realizada a soma das características-chave utilizadas na tabela 2.1. Foram consideradas características positivas (a somar) o Grau de Automatização, a Capacidade de efetuar resgate e o Tempo de operacionalidade. Por outro lado, foram consideradas características negativas (a subtrair) o Número de pessoas a empenhar, o Custo dos meios e o Risco das pessoas envolvidas. Desta forma, quanto mais alta for a pontuação, mais vantajoso é o meio. Utilizando o critério descrito, apuraram-se as seguintes pontuações:

- Meios Convencionais: $1-5-5+5+5-5 = -4$
- Satélites: $4-2-5+1+3-1 = 0$
- Aeronaves: $3-3-4+4+4-3 = 1$
- VANT: $4-2-1+3+1+-1 = 4$

Verificamos que os VANTs apresentam a melhor pontuação, seguidos das aeronaves com detecção remota. Desta forma, na secção seguinte serão estudadas as aeronaves e a evolução e a aplicação das aeronaves não-tripuladas.

2.2 Utilização de Aeronaves

Uma rápida reação para o reconhecimento, é fundamental para ativar os planos de contingência pré-planeados. Segundo ITOPF (2011), deve-se dar alta prioridade ao uso de aeronaves para reconhecimento e fornecimento de informações iniciais, fundamentais para a atuação dos planos de contingência. Para a escolha da aeronave, deve-se ter em consideração o local, o combustível, a proximidade da pista de voo e a distância a percorrer para o voo.

Para o reconhecimento em mar aberto, o uso das aeronaves tripuladas é uma grande ajuda nos primeiros instantes. Estas permitem o transporte de homens, mantimentos ou material necessário para socorrer a tripulação em caso de sinistro. Para o empenhamento em zonas próximas de costa, as aeronaves também são utilizadas, porém, por vezes, devido às características do local, podem colocar em perigo a tripulação. Seja devido às condições meteorológicas no local ou à dificuldade em manterem-se a pairar num determinado local. Por isso, as plataformas aéreas não tripuladas são uma solução mais expedita e de menores custos, capaz de sobrevoar a baixas altitudes garantindo uma maior facilidade na identificação dos incidentes e sem colocar em risco a vida humana.

Os VANTs são aeronaves de propulsão mecânica com controlo remoto ou com planeamento de voo pré-planeado (Klemas, 2015). Estes dividem-se em drones de asa fixa ou drones de asa rotativa (Figura: 2.1). Os drones vieram oferecer

uma alternativa às plataformas convencionais (helicópteros, aviões, dirigíveis). Estes conseguem adquirir dados de alta resolução a baixos custos, têm maior flexibilidade operacional e maior versatilidade. Além disso, o sistema de controlo e estabilidade evoluiu de forma a adquirir imagens de alta qualidade, com uma alta resolução espacial. Os sensores foram projetados e adaptados de forma que os drones suportem o seu peso. Entre os sensores destacam-se os hiperespectrais, LIDAR, SAR e infravermelhos.

Segundo Klemas (2015), estas aeronaves não tripuladas têm a facilidade de serem operadas por telemóveis ou tablets através de aplicações com a capacidade de armazenar e mapear. Podem voar através de um planeamento pré-definido com coordenadas GPS, em modo de voo de seguimento (por exemplo, seguir um automóvel) ou, ainda em modo de voo livre. É de fácil transporte e rápida prontidão para estar operacional, o que é uma das grandes vantagens relativamente aos outros meios. Também podem ser equipados com sistemas eletrónicos e sensores que permitem aumentar a estabilidade do mesmo. Os drones comerciais já possuem câmaras de alta resolução integradas que torna possível mapear um determinado local.

Os drones de asa rotativa em comparação aos de asa fixa têm a vantagem de sobrevoar um local, pairar sobre o mesmo e descer a baixas altitudes para recolher informação mais pormenorizada. Além disso, a propulsão de quatro hélices também é uma vantagem pois duas das hélices giram no sentido horário e as outras duas no sentido anti-horário, o que aumenta a manobrabilidade e a estabilidade. No entanto, drones de asa fixa conseguem atingir maiores velocidades e ter uma maior cobertura aérea (Yeong, King & Dol, 2015). Devido às características de ambos, a sua aplicação varia. Os VANTs de asa fixa são utilizados para reconhecimento, enquanto que os VANTs de asa rotativa são usados para a deteção e identificação.

No entanto os drones têm algumas desvantagens como a autonomia, contudo, a facilidade de substituir as baterias é uma forma de aumentar autonomia do mesmo. Além disso, as condições meteorológicas, nomeadamente, o vento e a precipitação influenciam a sua estabilidade.

Na Tabela 2.2 é feita uma síntese diferenciando os drones relativamente à sua forma, incidindo nas principais vantagens e desvantagens que diferenciam os drones de asa fixa e de asa rotativa.

A utilização de drones para mapear determinado local tem sido alvo de muitos estudos. Marris (2013) utilizou VANTs de asa fixa com sensores multiespectrais para localizar ervas daninhas e pulverizá-las com herbicidas. Voudoukas et al. (2011) utilizaram um VANT de asa fixa para recolher cerca de 6000 imagens a altitudes entre os 150 e os 500 metros que, posteriormente, foram processadas por forma a recolher informação sobre o litoral, como por exemplo a morfologia dos bancos de areia das praias e, posteriormente, comparadas com imagens do terreno comprovando a alta resolução espacial.

O Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (COSMO), a decorrer em Portugal, utiliza meios aéreos para a obtenção de levantamentos integrais das arribas e das praias com o fim de estudar a evolução e

TABELA 2.2: Comparação dos tipos de drones

	Vantagens	Desvantagens
Asa Fixa	Ampla área de pesquisa; Velocidades superiores aos drones de asa rotativa.	Manobrabilidade; Necessidade de suporte para descolagem.
Asa rotativa	Reduzido custo; Fácil de manobrar; Reduzido peso.	Peso da carga exterior limitada; Vulnerável às condições meteorológicas.



FIGURA 2.1: a) VANT de asa rotativa; b) VANT de asa fixa
Fonte: (DJI, 2017; SenseFly, 2019)

monitorizar os fenómenos da zona costeira portuguesa.

Pereira et al. (2009) realizaram um estudo com o objetivo de implementar uma vigilância das zonas costeiras com recurso aos drones. Foram utilizados 6 drones de asa fixa, todos com piloto automático, câmaras para transmitirem em tempo real e câmaras multiespectrais. Neste, concluiu-se que os drones têm capacidades de detetar riscos costeiros, executar vigilância da pesca, executar estudos de erosão costeiras, entre outras aplicações.

No Irão, foi desenvolvido um *Aerial Rescue Robot* em laboratório, com o objetivo de ser utilizado pelos nadadores salvadores em situação de resgate de banhistas (Yeong, King & Dol, 2015). É um drone de asa rotativa com 8 hélices, o que lhe permite atingir maiores velocidades e chegar perto do banhista, auxiliando-o no menor tempo possível. Além disso, também tem a capacidade de transportar boias salva-vidas.

Em suma, estes estudos demonstram que os Veículos Aéreos Não-Tripulados têm inúmeras funcionalidades e que trazem vantagens com a sua utilização. Vimos que estes são utilizados na agricultura, no estudo e no planeamento de planos de risco nas zonas costeiras e como meios de salvamento marítimo. Nestes exemplos, apesar dos investigadores utilizarem diferentes VANTs, é demonstrado a sua ampla versatilidade em variadas situações proporcionando em todos, vantagens na relação tempo-espaço, no empenho de recursos, sejam humanos ou materiais, na diminuição do risco da vida humana e na facilidade operacional.

Os VANTs são ferramentas consideradas úteis na fase da prevenção de inúmeros riscos. Além de contribuírem com um maior número de dados e informação, conseguem transmitir em tempo real os acontecimentos, o que permite tomar decisões no momento.

O aumento do uso de VANTs em ambiente civil obrigou os países a criarem regulamentos e leis para controlo da sua utilização. O uso de VANTs pode interferir com a atividade dos aeroportos ou aeródromos. Se for utilizado em locais inapropriados ou, acidentalmente, se despenhar o VANT pode colocar em risco pessoas e bens materiais. Posto isto, é necessário verificar se existem leis ou regulamentos em vigor no local de voo com o VANT.

Em Portugal no ano de 2016, entrou em vigor o regulamento com regras de voo definidas pela Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC) destinadas ao uso de veículos aéreos não-tripulados civis. Desta forma, uma operação de voo com um drone deve ser realizada de acordo com a legislação em vigor (Regulamento nº 238/2016, 14 de dezembro de 2016).

2.3 Sensores Passivos na deteção de hidrocarbonetos

A deteção de poluição no mar tem sido objeto de estudo por diversos autores, de forma a contribuir para mitigar os derrames de óleos ou hidrocarbonetos e diminuir a probabilidade de falsos alertas.

O método mais comum para deteção de derrames de hidrocarbonetos no mar é a observação passiva do oceano através de sensores que operam na região do espectro visível (Klemas, 2011). As manchas de hidrocarbonetos no mar manifestam-se por todo o espectro visível, refletindo a luz nas diversas bandas eletromagnéticas. Segundo Fingas e Brown (2014) a utilização de métodos de deteção que operam em mais do que uma banda eletromagnética, por exemplo sensores multiespectrais e hiperespectrais, são os que mostram ter melhores resultados.

Nesta secção serão inicialmente abordados os métodos utilizados e, por fim, será elaborada uma síntese das capacidades de cada método.

2.3.1 Detecção Ótica

Os hidrocarbonetos apresentam propriedades óticas na região do visível, desde o Ultravioleta (UV) ao próximo do Infravermelho (NIR). Propriedades como a reflexão e absorção, que dependem, por exemplo, do tipo de hidrocarboneto, das condições climáticas, da intensidade e do ângulo de incidência da iluminação do sol. Alguns destes fatores, também contribuem para as alterações das manchas de hidrocarbonetos e dificultam a sua detecção. Segundo Fingas e Brown (2014), sem o conhecimento da mancha, é difícil localizá-la através de meios óticos na região do visível.

Detecção no Espectro Visível

Os hidrocarbonetos na região do visível apresentam reflexão entre os comprimentos de onda de 400 a 700 nm. Quando a luz incide na mancha de hidrocarbonetos, que está em contacto com a água, geralmente, apresenta uma maior taxa de reflexão. As manchas de camadas grossas, chamadas *crude* apresentam uma cor castanha ou preta consistente, enquanto que as camadas mais finas apresentam desde um brilho prateado até à cor azul.

Em 2004, foi estabelecido o código, *Boon Agreement Oil Appearance Code* (BAOAC) (Apêndice B) para identificação da espessura e do volume, através da aparência da mancha de hidrocarbonetos na região do visível. Porém, a detecção destas manchas na região do visível apresenta algumas limitações. Como não utiliza um sensor ativo, ou seja, absorve a iluminação natural, fica sujeito a interferências como a escuridão, as nuvens e o brilho do sol. O brilho do sol é muito confundido com o brilho do óleo, no entanto, este pode ser reduzido através de técnicas de processamento da imagem (Fingas & Brown, 2018).

As câmaras de vídeo são o método convencional mais utilizado pois contribuem para uma recolha de informações clara, em vez de imagens mais complexas como as resultantes de outros sensores. Foram realizados testes que mostram que, durante a noite, uma câmara com visão noturna é capaz de fornecer imagens com informação pertinente (Fingas & Brown, 2014). Porém as câmaras, apesar de terem custos acessíveis, não são muito eficazes e têm limitações, não podendo operar em inúmeras situações.

Detecção no Infravermelho (IV)

As manchas de hidrocarbonetos absorvem a radiação do sol e emitem-na em energia térmica. Ao analisar uma imagem de derrame de hidrocarbonetos através de um sensor infravermelho, a zona mais quente corresponde ao óleo mais espesso, a zona mais fria corresponde a uma espessura intermédia e os óleos muito finos ou brilhantes não são detetados porque a radiação da água ultrapassa a radiação refletida pelo óleo. Segundo Fingas e Brown (2014), testes indicam que as transições entre as camadas quentes e frias são de difícil interpretação, no entanto, a transição entre a camada quente e fria corresponde a uma espessura entre os 50 μm e os 150 μm e a camada mínima detetada está entre os 10 e os 70 μm . Quando os óleos sofrem

emulsão³, 50% a 70% da mancha é água, impossibilitando a sua detecção por sensores infravermelhos (Fingas & Brown, 2014). Relativamente, à recolha de imagens no período noturno, os sensores infravermelhos detetam, mas nem sempre a imagem é esclarecedora.

As manchas de hidrocarbonetos acima de 10 μm de espessura são detetadas, no entanto, a interpretação da mancha de óleo é difícil, o que pode resultar em falso alarme (pode ser confundido com algas ou rochedos no fundo do mar). A maioria destas manchas manifestam-se em comprimentos de onda entre os 8 e os 14 μm (Fingas & Brown, 2014).

Podemos concluir, relativamente aos sensores infravermelhos, que são úteis para a detecção de irregularidades, mas não são a melhor ferramenta para a detecção e reconhecimento de manchas de óleo na superfície do mar e não são capazes de medir a espessura de uma mancha de hidrocarbonetos. Atualmente, o uso de câmaras infravermelhas é comum por serem sensores com um custo acessível (Fingas & Brown, 2018).

Deteção no próximo do Infravermelho (NIR)

O próximo do infravermelho apenas capta comprimentos de onda dos hidrocarbonetos entre os 0,75 μm e 1,4 μm . Os satélites MODIS e MERIS e o sensor AVIRIS estão equipados com deteção próxima do infravermelho com o objetivo de realizar estudos e testes sobre os derrames de hidrocarbonetos. Foi estudada a geometria das manchas de óleo resultantes do derrame do *Deepwater Horizon* através dos dados fornecidos pelo sensor AVIRIS (Sun et al., 2016).

Porém, é um método que necessita de mais estudo para concluir se é aplicável na deteção de derrames de hidrocarbonetos no mar.

Deteção no Ultravioleta (UV)

Os hidrocarbonetos têm uma grande taxa de reflexão da luz solar na banda do UV (capaz de considerar uma camada fina como uma mancha de óleo mais espessa). A espessura detetada na banda do ultra-violeta pode ser inferior a 0,1 μm , o que representa camadas de hidrocarbonetos finas, que emitem apenas brilho. Porém, as imagens ultra-violeta estão sujeitas a interferências do vento ou de material biogénico e não distinguem as espessuras das camadas de óleo, além de que só é utilizado em período diurno (IPIECA, IOGP & IMO, 2016).

Atualmente, estes sensores não são utilizados porque a espessura das manchas de óleo não justifica o empenhamento de meios para limpeza da mancha de óleo (Fingas & Brown, 2018).

³Mistura entre dois líquidos imiscíveis, ou seja, os líquidos não se misturam. Neste caso, quando o óleo entra em contacto com a água, cria várias gotículas de partículas de óleo que ficam em suspensão na água.

2.3.2 Detecção através de micro-ondas passivas

O uso radiação provida de micro-ondas também foi alvo de estudo na detecção de derrames de óleo. O sensor de micro-ondas utiliza as radiações do ambiente para a detecção da espessura das camadas de óleo. Um radiómetro de micro-ondas deteta a mancha de óleo devido à diferença de emissividade entre a água (0,4) e o óleo (0,8) e consegue medir a espessura através da variação do sinal que é refletido pelas diferentes camadas de óleo derramado (Fingas & Brown, 2018). As desvantagens deste método é a baixa resolução espacial e os materiais biogénicos (algas, etc), as matérias à superfície da água ou as emulsões entre a água e o óleo, não são distinguíveis (Fingas & Brown, 2014).

2.3.3 Sensores multiespectrais e hiperespectrais

Os sensores multiespectrais e hiperespectrais atuam em diversas bandas espectrais o que permite detetar vários objetos. As imagens, resultantes destes sensores, apresentam uma boa resolução espacial (acima de um metro) e um amplo registo de diferentes tipos de materiais em cada pixel medido. Para a recolha destas imagens, é utilizado um espectrómetro que recolhe um amplo número de imagens do mesmo alvo em diferentes comprimentos de onda. Estes segmentos de imagens fornecem dados muito extensos e necessitam de ser processadas para gerar uma imagem. Este processamento, e a posterior interpretação desses dados, exigem algoritmos bastante complexos (Casado et al., 2015). Laliberte et al. (2011) propôs um método de classificação de imagens obtidas através de sensores multiespectrais num *Unmanned Aerial System* (UAS) de asa fixa, onde mostra que os dados obtidos tinham baixa resolução e necessitavam de um processamento extenso.

2.4 Sensores ativos na detecção de hidrocarbonetos

Os sensores ativos têm maior facilidade em detetar as manchas de hidrocarbonetos por emitirem energia e a receberem após ser refletida nos objetos, nas superfícies terrestres ou superfícies marítimas.

2.4.1 Sensores de fluorescência

Os sensores de fluorescência captam a radiação UV emitida pelos componentes aromáticos dos hidrocarbonetos. Estes componentes aromáticos ao interagirem com a luz UV ficam eletronicamente excitados e emitem fluorescência, maioritariamente na região do visível. A intensidade da fluorescência e as propriedades espectrais são característicos de cada hidrocarboneto, concedendo-lhe assim, uma assinatura espectral única. Desta forma, consegue-se diferenciar os vários tipos de óleos. Este método consegue detetar manchas finas, intermédias ou grossas. Por exemplo, a clorofila, por vezes presente em matérias na superfície do mar que podem ser confundidas com hidrocarbonetos, emite uma fluorescência em comprimentos de onda diferentes (Fingas & Brown, 2014).

Atualmente, alguns sensores de fluorescência utilizam uma técnica chamada *gating*. Esta técnica permite que o sensor só ative a detecção no momento em que a luz do alvo regressa da superfície. Desta forma, diminui a possibilidade de detecção de interferências e, tem a possibilidade de fazer *gating* direcionado para um alvo abaixo da superfície de água, sendo possível detetar hidrocarbonetos na coluna de água (Fingas & Brown, 2018).

Nos dias de hoje, os lasers de fluorescência são essenciais na detecção remota e fornecem inúmeras informações sobre os manchas de hidrocarbonetos fundamentais para a ativação de planos de contingência.

2.4.2 Radar

O radar é um dispositivo que emite ondas eletromagnéticas e recebe-as, refletidas por objetos distantes, neste caso as ondas do mar. Devido às diferenças entre as características do mar e dos hidrocarbonetos, quando estes se sobrepõem às ondas do mar, a energia refletida nas manchas é menor, apresentando uma cor escura nas imagens recolhidas (Fingas & Brown, 2014).

Contudo, existem algumas interferências. As manchas de óleo não são as únicas que apresentam essa cor escura. Por exemplo as algas, as sombras provocadas por terra ou estruturas, as manchas de água doce que são detetáveis e muitas vezes criam falsos alarmes por serem confundidas com manchas provocadas por derrames de óleos, entre outros (Gens, 2008).

O vento também influencia a detecção das manchas. Velocidades a abaixo dos 1,5 m/s não fornecem energia suficiente às manchas para serem distinguíveis na água do mar, ou seja, o radar não deteta a mancha porque este comporta-se de igual forma que o mar. Porém, com velocidades acima dos 10 m/s, a energia fornecida às ondas do mar é demasiada e estas sobrepõem-se às manchas de óleo (Fingas & Brown, 2014).

Não é recomendável a utilização do radar em métodos de detecção dos derrames de hidrocarbonetos nas águas de transição (zonas onde a massa de água de superfície tem carácter salgado) porque são influenciadas por cursos de água doce.

Os radares utilizados no âmbito militar não são úteis para detetar manchas de hidrocarbonetos porque são otimizados para remover o sinal do *sea clutter*, que é o principal sinal de interesse na detecção das manchas (Fingas & Brown, 2014).

As duas configurações principais de radares utilizados na detecção de derrames de hidrocarbonetos são o *Side-Looking Airbone Radar* (SLAR) e o *Synthetic Aperture Radar* (SAR). O SLAR utiliza um comprimento de antena fixo para produzir as imagens, enquanto que o SAR, para obter uma melhor resolução espacial, usa o movimento do meio que o transporta e permite definir o comprimento da antena através dos ecos num determinado período de tempo. Desde que exista rugosidade suficiente na superfície do mar para detetar desordem, o SLAR é capaz de detetar a presença de camadas finas (poluição superficial). Este tem uma resolução espacial

2.4. Sensores ativos na detecção de hidrocarbonetos

de cerca de 20 metros ou seja, se os derrames não estiverem a uma distância superior a 20 metros, são vistos no radar como um só. É possível melhorar a resolução espacial até 1 metro mas a custo elevados (Bonn Agreement, 2009).

O SAR tem maior alcance e melhor resolução porém, o SLAR tem um custo menor, razão pela qual é muito utilizado na detecção de derrames de hidrocarbonetos no mar.

Em suma, as limitações acima descritas, mostram que os radares são úteis para detetar um alvo no mar, no entanto para identificar o alvo radar é necessário investigação através de outros métodos. Considera-se um método útil na detecção de derrames de hidrocarbonetos no mar porque efetua uma pesquisa em áreas muito amplas e opera no arco diurno e noturno permitindo emitir alertas para posterior investigação. Porém, não é um método comum na detecção de derrames de óleos (Bonn Agreement, 2009). Na Tabela 2.1 é feita uma síntese das vantagens e desvantagens de cada sensor.

TABELA 2.3: Comparação dos sensores utilizados na detecção de hidrocarbonetos

Sensores	Modo de Propagação	Espessura da camada (comparação com Anexo B)	Vantagens	Limitações
Sensores com uso do Visível	Passivo	-	Reduzido custo	Influenciado pelas condições climatéricas e atmosféricas; Resultados imprecisos no período noturno
Sensores IV	Passivo	> 10 μm (Código 3, 4 e 5)	Deteta irregularidades na superfície do mar	Não distingue as irregularidades; resultados fracos no período noturno
Sensores NIR	Passivo	-	-	-
Sensores UV	Passivo	< 1 μm (Código 1 e 2)	Capaz de detetar manchas de espessura muito fina	Não distingue as espessuras; só é utilizada em operações diurnas
Sensores micro-ondas	Passivo	> 100 μm (Código 4 e 5)	Consegue medir a espessura das camadas de hidrocarbonetos	Baixa resolução espacial; não distingue hidrocarbonetos de outros materiais na superfície do mar

Sensores de Fluorescência	Ativo	0,1 a 20 μm (Código 1, 2 e 3)	Consegue diferenciar tipos de óleo; operação diurna e noturna; não sofre interferências climáticas	-
Radar (SLAR)	Ativo	> 3 μm (Código 2, 3, 4 e 5)	Pesquisa numa ampla área; operação diurna e noturna; não sofre interferências climáticas	Grandes dimensões; elevado custo

2.5 Sensor LiDAR na detecção remota

A combinação entre plataformas aéreas e sensores adaptáveis às mesmas permite que a tomada de decisão seja mais fundamentada. Esta combinação tem sido explorada em inúmeras áreas de estudo. Os resultados provenientes destas ferramentas também permitem que sejam estudadas outras técnicas para aumentar a qualidade das imagens obtidas.

Com o avanço da tecnologia, atualmente, existem VANTs, que devido aos reduzidos tamanhos dos sensores, são capazes de transportar sensores multi-espectrais, hiperespectrais, câmaras RGB, LiDAR, sensores de fluorescência, entre outros. Isto veio permitir a monitorização ou a vigilância em tempo real. Contudo, cada sensor tem o seu modo de propagação, as suas limitações e as suas vantagens.

A fotogrametria através do VANT, é um método de reduzido custo mas que necessita de um processamento das imagens para posterior análise. Uma das técnicas utilizadas para reconstruir imagens 3D é o *Structure from Motion* (SfM) que utilizando imagens sobrepostas, melhora a qualidade do produto final (Westoby et al., 2012). Também foram criadas ferramentas que permitem gerar Modelos Digitais de Superfície e ortofotos com alta qualidade, o que torna a fotogrametria através de VANT uma solução bastante acessível (Nex & Remondino, 2014). No entanto, em comparação com o sensor LiDAR demonstra que este obtém uma maior densidade de pontos, tem a capacidade de penetrar através da vegetação para obter pontos da superfície do solo e apresenta uma grande cobertura uniforme em variadas superfícies. Com a capacidade de se comportar como um sensor ativo, diminui a probabilidade de interferências e aumenta a qualidade dos seus resultados.

Light Detection and Ranging (LiDAR) é um sistema de detecção remota com modo de propagação ativo que emite e recebe feixes de luz através de um laser permitindo a medição de alturas e densidades de uma ampla área de interesse. Este sistema mede o tempo que a luz demora a ir até ao solo e a voltar, que é utilizado para calcular a distância percorrida, ou seja, a altura.

Lin et al. (2019) realizaram uma comparação entre o uso de VANTs com LiDAR e a fotogrametria através de drones para a monitorização das praias. Concluíram que ambos os métodos são úteis na monitorização das praias porém que as nuvens de pontos geradas pelo VANT com LiDAR é mais densa do que as geradas pela fotogrametria. Acrescentam, ainda, que o VANT com LiDAR abrange uma maior área e que tem a capacidade de penetrar a vegetação densa para capturar dados da superfície do solo, enquanto que a fotogrametria é mais facilmente afetada por parâmetros técnicos e ambientais, como por exemplo o planeamento de voo, as condições meteorológicas e as características da superfície.

Shaw et al. (2019) concluíram, através da comparação do LiDAR com a fotogrametria na análise das alterações da praia, que o LiDAR obtém resultados com maior precisão. Na análise das imagens LiDAR relativamente ao ambiente verdadeiro, é conclusivo que existe uma grande correlação. Também, concluiu que o LiDAR penetra nas zonas de vegetação mais densas obtendo dados da superfície terrestre muito precisa. O autor afirma que tanto o LiDAR como a fotogrametria, através de VANT, são métodos capazes de monitorizar as alterações nas praias.

O estudo do LiDAR para deteção de óleos em ambiente marítimo é recente. Moon e Jung (2020) estudaram a deteção de óleo na água do mar, em ambiente simulado, através de um sensor LiDAR na banda do infravermelho. Utilizou três tipos diferentes de óleo e realizou os experimentos com diferentes quantidades. Para testar a deteção do óleo, no primeiro teste registou os dados apenas com água do mar no recipiente e nos restantes testes adicionou à água do mar 20 mililitros de cada óleo. Para testar a deteção do volume detetado, foram adicionados diferentes quantidades de óleo na água de forma crescente. O primeiro teste demonstra que o sensor LiDAR deteta óleo com espessura entre os 0,01 e os 2,5 mm e o segundo teste mostra que o aumento das quantidades de óleo, não aumenta, necessariamente, a deteção do óleo devido à difusão entre o óleo e a água. Estes estudo mostrou que o sensor LiDAR na banda do infravermelho é capaz de detetar óleos na água do mar.

2.6 Aprendizagem automática: métodos e ferramentas

A aprendizagem supervisionada é um ramo da *machine learning* que treina o modelo com dados previamente identificados (Vaishnav & Rao, 2018). Através de uma base de dados previamente categorizada, o modelo é treinado para identificar as características e aprender os padrões dos dados. As vantagens deste ramo é a capacidade de fornecer conhecimento existente ao sistema, para que este aprenda os padrões e desenvolva previsões. Outra vantagem é que com um treino complexo e vasto, o sistema consegue realizar previsões de forma rápida ou até instantânea.

A aplicação de técnicas de aprendizagem supervisionada encontra-se em várias áreas de estudo. Valentin e Denoeux (2001) aplicaram técnicas de redes neuronais no controlo da coagulação em estações de tratamento de água potável; Ogunyale (2019) aplicou uma técnica de redes neuronais convolucionais para contribuir para o conhecimento dos alimentos; Dash, Wong e Mishra (2017) aplicaram

técnicas de redes neurais com o objetivo de construir um sistema de avaliação da qualidade de imagens; Murphy (2012) aponta aplicações reais da aprendizagem supervisionada como a classificação de flores através de imagens, o reconhecimento de caracteres através de imagens e a detecção e reconhecimento de pessoas. Segundo Murphy (2012), as redes neurais de múltiplas camadas têm um bom desempenho ao processar e imagens.

Para o desenvolvimento do sistema de apoio à detecção de incidentes marítimos desta dissertação, um dos componentes fundamentais será a utilização de um modelo de aprendizagem automática com o objetivo de identificar manchas de hidrocarbonetos no mar através de previsões. O modelo de aprendizagem automática será treinado através de uma base de imagens de derrames de hidrocarbonetos no mar.

O *Orange Data Mining Tool* é um software *open source* de aprendizagem automática e visualização de dados baseado na linguagem *Python* (Vaishnav & Rao, 2018). Contém componentes de agrupamento, classificação, interação de dados e modelos de visualização. A análise de dados neste software é implementado através de fluxos de trabalho. Este fluxo é baseado em ícones que recebem dados como *input* e produzem dados como *output*. Estes ícones podem processar, modelar, agrupar ou visualizar os dados inseridos. Os ícones interagem entre si, transportando os resultados sempre que existem alterações.

Vaishnav e Rao (2018) utilizou o software *Orange Data Mining Tool* para treinar um modelo de aprendizagem automática para identificar diferentes frutas através de imagens. Também realizou uma comparação entre diversas técnicas de aprendizagem automática como por exemplo as redes neurais, as árvores de decisão e a regressão logística. Este software permite a utilização de técnicas de redes neurais para treinar um modelo de detecção de hidrocarbonetos no mar.

A escolha deste software foi também baseada no fato de ser *open source*, reforçando uma das condições principais deste estudo, que é a criação de um método de detecção de incidente marítimos de baixo custo.

2.7 Conclusão

Em suma, podemos concluir que os sensores passivos têm várias limitações. Podem ser influenciados pelas condições meteorológicas, podem ter baixa resolução espacial e, em situações de fraca visibilidade, podem apresentar resultados com pouca qualidade. Por outro lado, os sensores ativos apresentam vantagens por não precisarem de luz natural para obterem resultados, por não sofrerem interferências das condições meteorológicas e por apresentarem melhores resultados na detecção de manchas de hidrocarbonetos.

Relativamente aos meios de detecção, o drone destaca-se por ser um meio acessível e com aplicações em diversas áreas. Este meio tornou-se mais capacitado devido ao aumento da sua autonomia (tempo de voo), à redução das suas dimensões e à integração de sensores de estabilidade. O desenvolvimento e evolução destas

características conduziu a uma maior precisão das imagens obtidas fazendo com que o drone se torna-se um meio mais versátil e com maior capacidade operacional.

Na resposta à QD 2 «Qual a eficácia e eficiência dos métodos e técnicas de vigilância de incidentes no litoral?» concluimos que todos os métodos são fundamentais e devem ser considerados enquanto resposta a incidentes dado que um método poderá ser mais ou menos apropriado, consoante as características da situação. Como o objetivo da dissertação é definir um **método de baixo custo e eficaz** na deteção de incidentes **nas zonas costeiras**, concluiu-se que os VANTs têm características-chave para integrar a solução proposta na dissertação. Adicionalmente, através do estudo dos vários sensores utilizados na deteção de derrames de óleos e de outros sensores com diferentes aplicações, concluiu-se que o sensor LiDAR integrado num VANT adquire bons resultados na deteção. Porém, apesar dos sensores LiDAR apresentarem melhores resultados face às câmaras óticas, o custo de aquisição dos mesmos, atualmente, não permite considerar uma opção de baixo custo. Sendo um dos principais fatores decisivos o **baixo custo do método**, não foi considerado o sensor LiDAR como método de investigação.

Assim sendo, um VANT de pequenas dimensões com câmara ótica apoiado por um modelo de aprendizagem automática foi o método utilizado para desenvolver a solução da dissertação.

Capítulo 3

Conceção da Solução

Este capítulo é dividido em 4 secções: a solução proposta, o planeamento para a recolha de imagens, o treino de um modelo de aprendizagem automática e a criação de uma interface gráfica para deteção de incidentes marítimos. Neste capítulo estão descritos os procedimentos da conceção da solução e os objetivos da mesma.

3.1 Solução Proposta

A Figura 3.1 representa os componentes que, segundo a nossa proposta, deveriam integrar um sistema de deteção de incidentes marítimos. Descreve-se nas secções seguintes, as funcionalidades esperadas de cada um dos componentes incluídos no sistema.



FIGURA 3.1: Componentes da solução proposta

Veículo Aéreo Não-tripulado (VANT)

Os Veículos Aéreos Não-Tripulados, ou frequentemente chamados drones, devem ser vistos como mais um meio para a monitorização e vigilância de incidentes no mar. Possuem características que permitem executar, com ausência de risco

humano, ações geralmente realizadas: por pessoal especializado em primeiros socorros, por meios terrestres e marítimos de vigilância, por satélites de monitorização e por aeronaves tripuladas de monitorização, vigilância e salvamento marítimo (Eve-raerts, 2008). Além disso, o seu custo de obtenção e manutenção é reduzido quando comparado aos restantes meios.

Apesar dos VANTs apresentarem algumas desvantagens, nomeadamente a menor autonomia e a menor resistência às condições meteorológicas adversas, com a evolução da tecnologia será possível reduzir essas vantagens. Atualmente, o mercado tem inúmeros drones de baixo custo, principalmente de asa rotativa, com as capacidades referidas e uma excelente resolução de imagem. Contudo, quando o objetivo é determinar a resolução da imagem ou do vídeo, a procura por drones mais estáveis e de maior porte são necessários, o que eleva o seu custo de aquisição.

Desta forma, o drone a utilizar é de reduzidas dimensões e de asa rotativa.

Sensor

Os sensores de gerações anteriores eram de grande porte e pouco adaptáveis a plataformas de pequenas dimensões. Atualmente, existem sensores capazes de serem transportados por aeronaves de pequenas dimensões, o que tem contribuído para o aumento do uso de VANTs em variadas áreas. Esta adaptação dos sensores aos VANTs, aumenta a variedade da escolha de sensores. Vários estudos têm sido desenvolvidos para compreender quais os melhores sensores. Porém, devido às diferentes características dos alvos e aos diferentes objetivos a investigar, um só sensor não é considerado melhor ou pior que outros mas pode realçar de melhor forma as características pretendidas.

Os sensores mais utilizados em VANT's para estudos são os sensores do espectro visível. Uma das razões é o baixo custo e fácil acesso. Estes são utilizados para construir mapas 3D que dão uma perspetiva global do local de estudo, permitindo a aquisição de um maior número de informação e contribuindo para uma melhor tomada de decisão. No entanto, estudos comparativos entres câmaras RGB e sensores laser LiDAR, mostram que os sensores laser LiDAR têm melhores resultados. O desenvolvimento de sistemas com sensores laser LiDAR com o fim de serem adaptáveis a VANTs, permite uma maior discriminação das imagens recolhidas. O que é traduzido num aumento de informação que pode-se revelar fundamental na tomada de decisão.

No entanto, na presente dissertação foi definido utilizar um drone com câmara ótica a fim de testar a capacidade de deteção e identificação de manchas de hidrocarbonetos no mar.

Aprendizagem Automática

A aprendizagem automática, ou *machine learning*, é definida por Murphy (2012) como um conjunto de métodos que deteta automaticamente padrões nos dados e utiliza-os para prever situações semelhantes no futuro ou auxiliar as tomadas

de decisão. É uma ferramenta que permite auxiliar as tomadas de decisão com base em eventos anteriores com características semelhantes.

Tendo em conta a definição, o «cérebro» do sistema tem como base a aprendizagem automática. É através do reconhecimento de padrões que o sistema deve identificar os incidentes, nomeadamente, os derrames de óleos no mar. Também deve ter a capacidade de distinguir os falsos alertas, ou seja, não deve identificar nem conjuntos de algas, nem a reflexão da luz solar, nem sombras de objetos como uma mancha de óleo.

A aprendizagem supervisionada é um ramo da aprendizagem automática que treina o modelo com dados previamente identificados (Vaishnav & Rao, 2018). Desta forma, para treino do modelo, as imagens devem ser previamente categorizadas por forma que o modelo aprenda a categorizar quando deparado com imagens semelhantes.

Em suma, o modelo de aprendizagem automática deve:

- Reconhecer as manchas de óleos na água do mar;
- Não deve reconhecer falsos alertas como manchas de óleo;

Interface Gráfica

A interface permitirá que os utilizadores visualizem e interajam com o sistema da solução proposta. Esta pretende compilar duas funcionalidades chave: uma estação de controlo terrestre e um emissor de alertas. Uma estação de controlo entende-se uma aplicação móvel que permite a conexão com o drone através de meios de comunicação. Esta conexão permite ao utilizador consultar informações do drone e seguir o seu voo, tudo em tempo real. A estação de controlo também deve permitir criar planos de voo ou carregar planos de voo pré-planeados. Esta pode ser vista como um cockpit virtual onde o utilizador tem acesso a todas as informações do drone e pode intervir durante o voo (ArduPilot Dev Team, 2016).

3.2 Planeamento de voo

Esta secção tem como finalidade explicar o planeamento do voo com o drone para a recolha de imagens com o objetivo de criar uma base de dados de imagens, para posterior treino de um algoritmo.

3.2.1 Drone

Foi necessário obter um drone para a recolha das imagens. Inicialmente a escolha passaria por um drone com um sensor Lidar, porém devido a limitações na aquisição procurou-se uma solução *low-cost* baseada num drone comercial, *Parrot Anafi* com uma câmara 1/2,4 CMOS integrada.

O drone *Parrot Anafi* tem 244x67x65mm (CxLxA) quando está dobrado e desdobrado 175x240x65 (CxLxA) e pesa 320 gramas, o que oferece uma grande

facilidade no transporte. Possui a câmara inserida num sistema de 3 eixos que permite uma alta estabilidade. Tem uma autonomia de voo de 25 minutos, com uma velocidade máxima de 15 m/s, equivalente a 54km/h e com uma resistência máxima à velocidade do vento de 50 km/h, tal como drones de maiores dimensões. Consegue alcançar os 4 quilómetros de distância em relação ao controlador.

Este drone apresenta vantagens no transporte, nas dimensões e no custo de aquisição, tornando-se um meio interessante para a investigação na deteção de incidentes marítimos

3.2.2 Plano de voo

O software utilizado para o planeamento do voo foi o *Pix4D Capture* e o *FreeFlight 6*. O software Pix4D Capture é gratuito e ambos são compatíveis com o drone *Parrot Anafi* permitindo a criação de planos de voo. Estes softwares indicam quantas imagens vão ser capturadas, qual o tempo de voo e o tamanho da área de voo. No *Pix4D Capture* o plano de voo é gerado após ser escolhido a forma do plano de voo (circular, retangular ou desenhar um polígono) e após serem inseridos parâmetros como a sobreposição das imagens, a velocidade, a direção e a altitude de voo. No *FreeFlight 6* é possível controlar o drone em vários modos como o modo manual, o modo de *cameraman* e o modo de plano de voo. Os voos efetuados para a recolha de imagens foram realizados pelos dois softwares através de planos criados *offline* e por voo livre, com o modo manual do software *FreeFlight 6*.

- Área de interesse

A área utilizada para o estudo está situada no Departamento de Limitações e Avarias, da Escola de Tecnologias Navais (ETNA-DLA), no Alfeite. Esta tem dois tanques de água que foram utilizados para simular uma área marítima (Figura: 3.2). Os tanques têm diferentes capacidades, um tem volume de 5000 L e o outro tem um volume de 7800 L mas ambos têm uma profundidade de 25 cm. Estes tanques estão inseridos num local definido como área de interesse de 1366 m² e um perímetro de 152 m, onde os dois tanques ocupam 51,2 m² da área de interesse.

Para a segurança do drone, antes de realizar do plano de voo foi feita uma análise do terreno onde a área de interesse está inserida, para identificar perigos e alturas máximas do local.

Os *waypoints* que determinam a área de interesse foram planeados, previamente. A definição destes, foi elaborada uma folha de cálculo Excel com as respetivas coordenadas para, posteriormente serem inseridas no *Google Earth Pro* e exportar o ficheiro em formato KML que é suportado pelo software *dronedeploy*.

- Planos de Voo

Os primeiros voos foram realizados com o tanque sem poluição e os seguintes voos foram realizados com várias quantidades de poluição. Relativamente aos voos, estes foram executados com diferentes parâmetros de altura e direção de voo (Figura: 3.3). Em relação à poluição nos tanques, foi utilizado diesel de aquecimento e foi

3.3. Treino do algoritmo para reconhecimento de poluição no mar



FIGURA 3.2: Tanques de simulação

introduzido em diferentes quantidades por forma a captar imagens com parâmetros diferentes.

Estas alterações de voo para voo têm o objetivo de criar diferentes situações por forma a tornar o algoritmo mais eficaz.

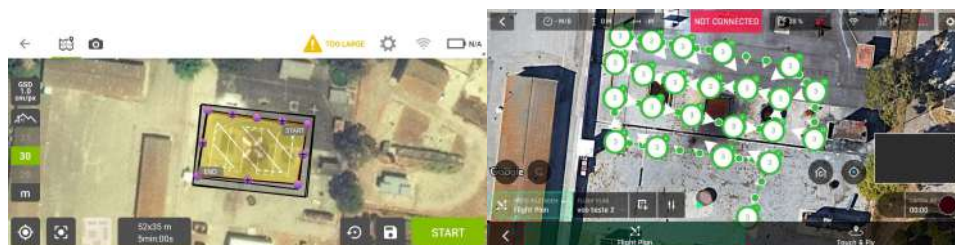


FIGURA 3.3: Exemplos de planos de voo realizados no Pix4D Capture e no FreeFlight 6

3.3 Treino do algoritmo para reconhecimento de poluição no mar

Antes de iniciar a fase de treino do algoritmo, foi realizada uma verificação dos dados obtidos e uma procura por imagens com pouca qualidade, para serem eliminadas, por forma a não influenciarem a fase seguinte. Essa fase foi realizada manualmente para que haja uma menor probabilidade de erro.

Para a análise de imagens no *Orange* foi necessário a adição da extensão *Image Analytics*. Esta extensão permite a criação de fluxos de trabalho para análise de imagens. As imagens são carregadas e transformadas em vetores para, posteriormente, serem analisadas com o fim de serem classificadas (Vaishnav & Rao, 2018).

3.3.1 Fluxo de Trabalho

O fluxo de trabalho utilizado na presente dissertação está representado na Figura 3.4. Este inicia com o *Import Images*, que é utilizado para carregar as imagens para o software. As imagens utilizadas foram previamente divididas em duas pastas categorizadas como «Poluição_Treino» e «Não-Poluição_Treino» por forma a treinar o algoritmo para reconhecer as diferenças e fazer previsões de acordo

com o treino. É importante realçar que as duas pastas, referidas acima, contém 70% das imagens adquiridas pelo drone. A não utilização de todas as imagens para treino do algoritmo teve como objetivo ter uma amostra de treino e uma amostra de teste (Murphy, 2012).

De seguida, as imagens são enviadas para um servidor treinado por redes neuronais convolucionais para extrair as características das imagens e devolvê-las em vetores sob a forma de matriz. Isto acontece através do ícone *Image Embedding* (Vaishnav & Rao, 2018).

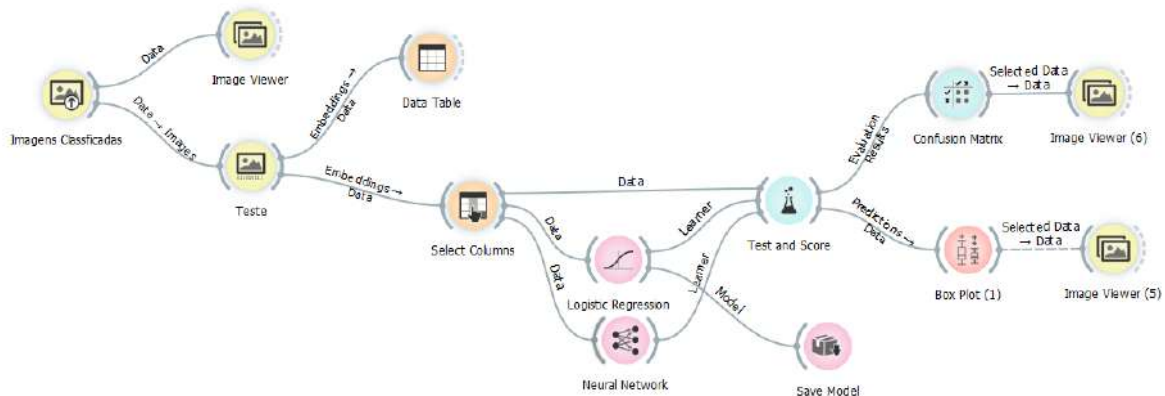


FIGURA 3.4: Fluxo de Trabalho do algoritmo de aprendizagem automática implementado no Orange

Na fase seguinte do fluxo de trabalho, segue-se a classificação do algoritmo. Foram testados dois métodos de classificação: Regressão Logística e Redes Neuronais. A escolha destes dois métodos para classificação foi baseada em Vaishnav e Rao (2018) e Murphy (2012), onde no primeiro, após testes, a regressão Logística apresenta melhores resultados do que qualquer outro método de classificação utilizado e, no segundo, o autor considera as redes neuronais um bom método de classificação de imagens.

As redes neuronais foram testadas com 3 camadas ocultas, cada uma com 100 neurónios e com 100 interações. A função de ativação utilizada foi a *Logistic*, baseado em Vaishnav e Rao (2018). Porém, foram testadas as restantes funções de ativação para confirmar a que fornece melhores resultados. Relativamente à regressão Logística, sabendo, através de Vaishnav e Rao (2018), que a regularização *Ridge* (L2) foi a que apresentou melhores resultados, também foi testada a função de regularização *Lasso* (L1) por forma a determinar o método mais eficaz para o modelo a elaborar.

Para a avaliação destes algoritmos, é utilizado o ícone *Test and Score* que avalia 5 parâmetros: *Area Under ROC (AUC)*, *Classification Accuracy (CA)*, *Precision*, *Recall* e *F1 Score*.

- *Area Under ROC* - mede a precisão através da análise da área sobre a curva Receiver Operating Characteristic (ROC);

3.3. Treino do algoritmo para reconhecimento de poluição no mar

- *Classification Accuracy* - é a percentagem de exemplos classificados corretamente;
- *Precision* - calcula a percentagem de verdadeiros positivos avaliando todos os casos, ou seja, quando os valores previstos são iguais aos valores reais comparativamente a todos os casos;
- *Recall* - calcula a percentagem de verdadeiros positivos, avaliando só os positivos, ou seja, quando os valores previstos são iguais aos valores reais comparativamente apenas aos casos identificados como positivos;
- *F1 Score* - é a média harmónica entre a *Precision* e o *Recall*.

Todos os conjuntos de parâmetros foram avaliados com a validação cruzada (*cross validation*) 10 vezes.

Por fim, após executar o *Test and Score*, foram utilizados dois ícones de visualização, *Confusion Matrix* que nos dá os verdadeiros positivos, os verdadeiros negativos, os falsos positivos e os falsos negativos e o *Box Plot* que também auxilia na interpretação dos dados. Este foi o fluxo de trabalho criado para ensinar o algoritmo a reconhecer determinado padrão, e o qual deverá ser guardado e exportado por forma a integrar o sistema do drone para um reconhecimento e uma classificação automática das imagens capturadas pelo drone.

Para testar a previsão do modelo com o algoritmo treinado, foi criado um novo fluxo de trabalho (Figura: 3.5). Este é semelhante ao explicado anteriormente, com a diferença de que são carregadas imagens classificadas, para haver controlo das imagens testadas, mas através do *Data Sampler* é retirada a classificação por forma a testar a capacidade de classificação do algoritmo quando deparado com imagens aleatórias e sem classificação. Outra diferença é a utilização do ícone *Predictions* em vez do *Test and Score* com o objetivo do algoritmo efetuar uma previsão, consoante o treino a que foi sujeito. De seguida, foram utilizados ícones de visualização dos dados para facilitar a avaliação da previsão.

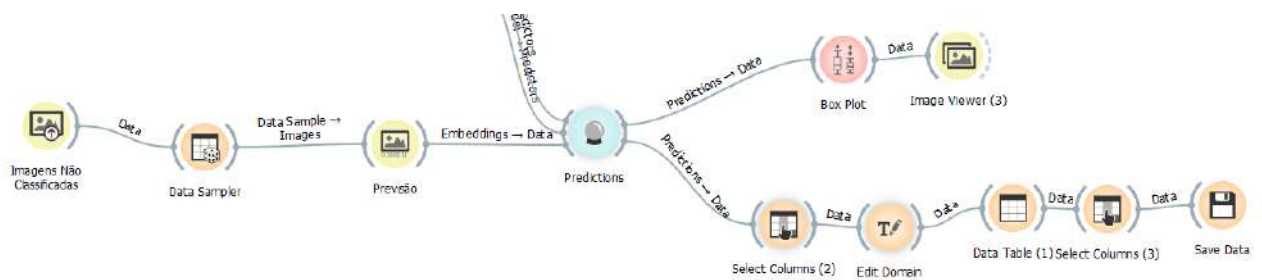


FIGURA 3.5: Fluxo de Trabalho da Previsão

3.4 Protótipo da interface gráfica do Sistema de apoio na Detecção de Incidentes Marítimos (SADIM)

Nesta dissertação, através do software *Balsamiq*, foi criado um protótipo da interface gráfica de uma aplicação, para Android ou IOS, com o objetivo de auxiliar as autoridades marítimas na monitorização e deteção de incidentes marítimos. Este protótipo é composto por 2 partes: a parte do planeamento de voo para o drone e a parte de identificação e envio automático de alertas, quando é detetada poluição.

O protótipo SADIM tem como objetivo a criação de uma aplicação móvel que ofereça às autoridades marítimas a possibilidade de efetuarem vigilância e monitorização com recurso a um drone. Ou seja, as autoridades poderão planear um voo, colocar o drone a voar e receber alertas, de forma automatizada, sempre que é identificado um incidente marítimo (poluição marítima) pelo drone.

Abaixo será explanado como está desenhado o protótipo e quais as funcionalidades que a aplicação móvel deve ter.

3.4.1 Funcionalidades entre o drone e a estação de controlo

Os objetivos-chave para o funcionamento do sistema de deteção de incidentes são:

- Comando e controlo do drone, para realizar monitorização e vigilância;
- Capacidade de detetar incidentes, principalmente no mar (caravelas-portuguesas, manchas de poluição, entres outros);
- Capacidade de emitir alertas para a estação de controlo do drone (dispositivo móvel como o tablet ou o telemóvel).

O comando e controlo é a capacidade de monitorizar e transmitir as missões ao drone. Geralmente, este comando e controlo é realizado por estações de controlo terrestres. Existem numerosas estações de controlo para veículos não tripulados tais como *Mission Planner*, *Dronedeploy*, *QGround Control*, *Pix4D Capture*, *FreeFlight 6*, entre outros.

As estações referidas são licenciadas e utilizadas por grande parte dos utilizadores de drones. A maioria destes softwares de controlo de drones tem a capacidade de criar um plano de voo, *online* ou *offline*, e a opção de carregar *waypoints* ou áreas de interesse por forma a gerar um plano de voo nessa área. Desta forma, a criação de uma estação de controlo teve em conta as funcionalidades já existentes nas diversas estações de controlo de drones.

A capacidade de detetar incidentes no mar é baseada no treino de um modelo de Aprendizagem automática para detetar os diversos incidentes. Este modelo é treinado através de imagens identificadas como incidente ou não incidente, por forma a ensinar o algoritmo a identificar e classificar as imagens quando existe uma situação

de incidente. Este modelo deverá permitir que o drone, quando está a realizar um determinado voo, ao sobrevoar um local com um incidente, tenha a capacidade de identificar e classificar o incidente de acordo com o método que foi treinado. Por exemplo, o drone é treinado para identificar manchas de poluição no mar através de imagens classificadas como «Poluição» e imagens classificadas como «Não-Poluição». Durante um voo sobre o mar, se o drone sobrevoar uma mancha de poluição deverá identificá-la e classificá-la como «Poluição».

Relativamente, à capacidade de emitir alertas para um dispositivo móvel é baseada na comunicação existente entre a estação de controlo e o drone. Através da comunicação existente para controlo do drone, quando este identifica e classifica uma determinada imagem como «Poluição», será emitida uma mensagem de alerta para a estação de controlo com o objetivo de informar o utilizador que foi identificada uma mancha de poluição. Nessa mensagem também será possível o utilizador visualizar a imagem e as informações sobre o local, data e hora a que foi registada.

Estes são os objetivos-chave do sistema de deteção de incidente, porém, dentro de cada objetivo-chave podem ser desenvolvidas diversas capacidades, por forma a oferecer ao utilizador uma estação de controlo amigável e operacional.

3.4.2 Conexão entre o drone e a estação de controlo

Para que o drone seja controlado em terra, é necessário que exista uma conexão entre o drone e uma estação de controlo (conhecido como *Ground Control Station*). Esta conexão deve permitir que a estação de controlo consiga comunicar com o drone por forma a dar-lhe tarefas e a configurá-lo para as mesmas.

O *Micro Air Vehicle Link* (MAVlink) é um protocolo de comunicação com o drone através de mensagens leves. Este utiliza a sua serialização binária⁴, para diminuir o tamanho das mensagens a transmitir sobre o estado do sistema e dos comandos a executar. Esta comunicação é feita da estação de controlo para o drone e vice-versa através de meios de transmissão sem fios como a telemetria, o WIFI e a Internet (Koubaa et al., 2019).

Koubaa et al. (2019) faz uma revisão do MAVLink onde explana todas as funcionalidades e como deve ser estabelecida a conexão com o MAVLink. O MAVLink é um protocolo de comunicação muito popular e utilizado por muitos investigadores (Koubaa et al., 2019).

Segundo Meier (2018), este protocolo distingue-se por:

- Ser eficiente, devido à capacidade de converter a comunicação em mensagens de pequeno tamanho, tanto na versão MAVLink 1 como na versão MAVLink 2;
- Ser muito confiável, por já ter sido testado em diversas situações adversas;

⁴O conteúdo da mensagem é transmitido através da rede após ser transformado numa sequência de bytes (Koubaa et al., 2019).

- Suportar diversas linguagens de programação (C++, Python, Java, entre outros);
- Permitir até 255 sistemas simultâneos na rede (veículos aéreos, estações de controlo em terra, entre outros);
- Permitir comunicações externas e internas no drone ou entre o drone e a estação de controlo.

3.4.3 Funcionalidades da interface gráfica

Menu

O protótipo está desenhado por forma a ser utilizado através de conta de email interna (Conta de email de marinha). Após iniciar sessão, será questionado se quer ou não realizar um tutorial. Este tutorial tem o objetivo de dar a conhecer o funcionamento e as opções de uso do protótipo.

De seguida, o menu principal, Figura 3.6, reúne todos os atalhos de acesso às páginas (Plano de voo, Importar plano de voo, Modo de Visão, Visão do Mapa, Histórico de Alertas e Definições). Este foi desenhado com o objetivo de facilitar a navegação pela aplicação, tornar o aplicativo amigável e adaptar a qualquer utilizador com ou sem formação para controlo e planeamento de voo para drones. Este menu está presente em todas as janelas, no topo e em modo miniatura, com o objetivo de oferecer ao utilizador a opção de navegar pelas mesmas sem ter que voltar ao menu principal.

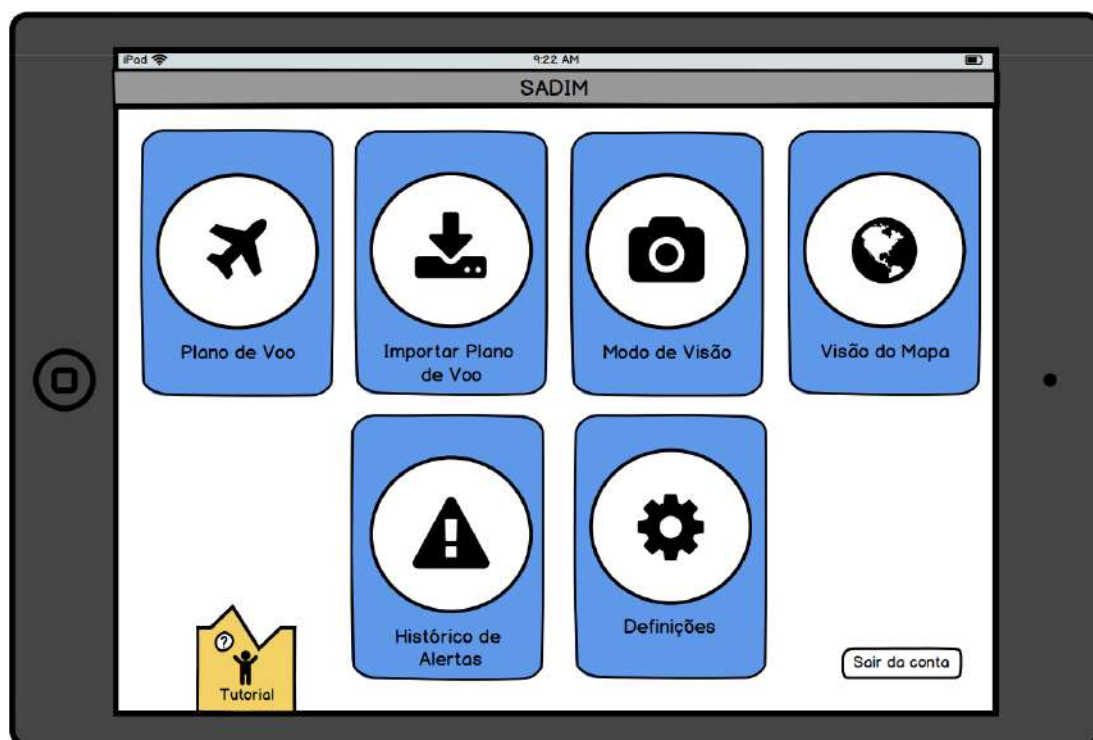


FIGURA 3.6: Janela do Menu Principal

Planeamento do voo

A criação do plano de voo é dividida em duas opções: Plano de Voo e Importar plano de voo. Esta divisão pretende dar ao utilizador a opção de criar um plano de voo de diferentes formas. Ambas têm o objetivo de criar um plano de voo para o drone realizar vigilância ou monitorização de forma autónoma.

1. Planear Voo

A primeira opção para planear um voo, «Plano de voo» (Figura: 3.7), tem como objetivo dar ao utilizador a opção de criar um plano de voo expedito e simples com o objetivo de vigiar uma área suspeita. Por exemplo, o nadador-salvador que está de serviço numa praia ao receber um alerta por parte de um banhista, a afirmar que avistou uma mancha no mar. O nadador-salvador tem a opção de criar um plano de voo expedito e localizado numa determinada área inserindo os parâmetros apropriados, tendo em conta a corrente e o vento, por forma a verificar se a situação foi singular ou se se aproximam da praia perigos que possam ser um risco para os banhistas.

Aqui deve ser permitido que o utilizador consiga planear o voo através de parâmetros definidos pelo mesmo. Após inserir os parâmetros é gerado um planeamento de voo de forma automática. Os parâmetros são:

- Altitude de voo - onde o utilizador pode inserir a altitude que pretende que o drone voe, relativamente à superfície terrestre. A unidade de medida é metros, (m);
- Velocidade de voo - é a velocidade constante a que o drone efetuará o voo. A unidade da velocidade é em metro por segundo (m/s);
- Direção de voo - é a direção de voo que o drone fará, relativamente ao norte verdadeiro. A direção é em graus ($^{\circ}$);
- Sobreposição de imagens - é a percentagem de sobreposição que as imagens recolhidas irão ter. Esta sobreposição é importante pois, apesar de diminuir a área de pesquisa, permite que o drone tenha uma maior probabilidade de detetar a poluição na área de interesse. Ou seja, se o drone é enviado para uma determinada área de interesse, é porque existe suspeita ou probabilidade de existir poluição naquele local. Tendo em conta que existem fatores que influenciam a deteção de poluição no mar (reflexão da luz solar, sombra de nuvens, algas), o drone ao sobrevoar uma determinada zona mais do que uma vez, tem um maior número de oportunidades para detetar a poluição.
- *Waypoint* inicial - Aqui pode ser definido qual o *waypoint* onde o drone começará a captar imagens.

1. Importar Dados de Voo

A segunda opção de plano de voo, «Importar dados de Voo» (Figura: 3.8), tem como objetivo oferecer ao utilizador duas funcionalidades distintas agrupadas no botão «Novo Plano». Uma é criar o seu plano de voo personalizado através

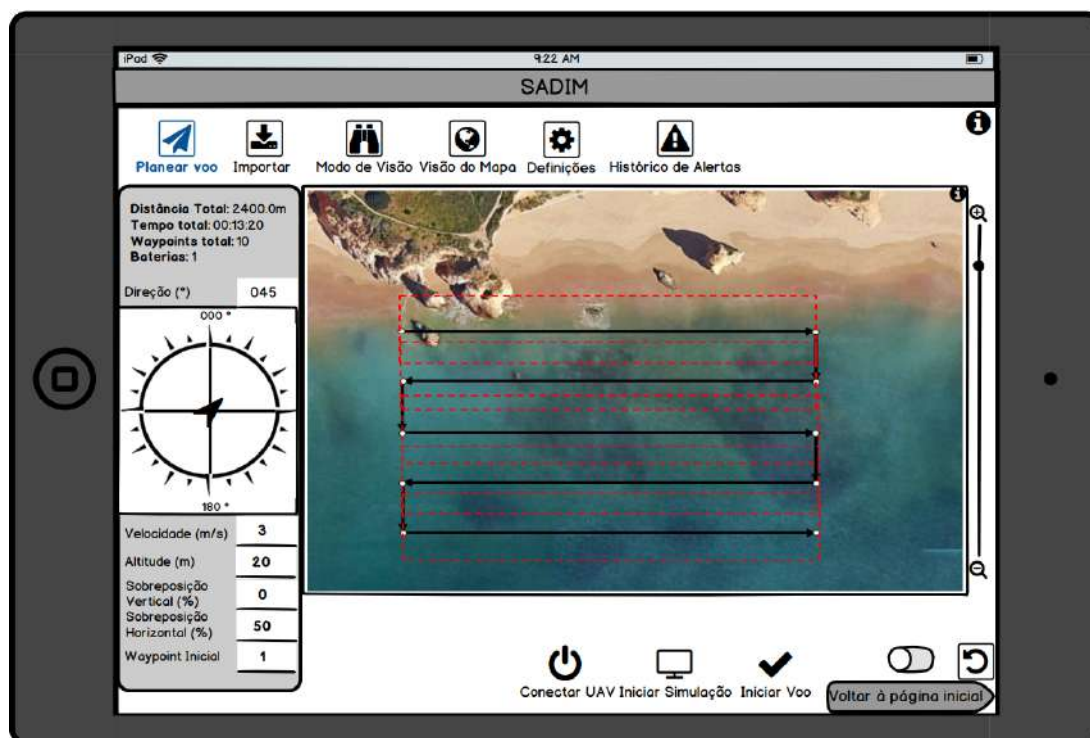


FIGURA 3.7: Janela de «Plano de Voo»

do botão «Inserir *Waypoints*» onde é possível criar um plano de voo ao critério do utilizador. Este pode ser feito arrastando os ícones disponíveis na caixa de desenho para a janela de visualização ou, diretamente, na área apresentada na janela de visualização através de cliques. A outra opção é através do botão «Carregar *Waypoints*» que oferece ao utilizador a possibilidade de carregar, para a aplicação móvel, uma área de interesse estabelecida previamente num software de informação geográfica.

Após carregar a área, é possível criar um plano de voo através do «Inserir *waypoints*» ou, graças à interação entre as janelas «Plano de voo» e «Importar dados de Voo», é possível, na área carregada, criar um plano de voo através das funcionalidades da página de «Plano de Voo». Por exemplo, o utilizador prepara no *Google Earth Pro* uma área de interesse, exporta essa área no formato KML e depois basta carregar esse ficheiro para a aplicação móvel. Após a área estar carregada, será apresentada na janela de visualização para ser editada. Se o utilizador quiser inserir *waypoints* manualmente e criar um plano de voo personalizado, deverá clicar no botão «Inserir *Waypoints*». Caso queira planear um plano de voo expedito na área selecionada, basta clicar no ícone «Plano de Voo» e inserir os parâmetros que pretende e o plano será gerado dentro da área de interesse.

Em ambos os menus, «Plano de Voo» e «Importar dados de Voo», foram criadas opções de simular voo. Esta opção tem como finalidade instruir o utilizador, através da demonstração, de como se comportará o drone ao realizar o plano de voo elaborado pelo utilizador. Nas primeiras utilizações, esta opção

3.4. Protótipo da interface gráfica do Sistema de apoio na Detecção de Incidentes Marítimos (SADIM)

permite ao utilizador perceber como se comporta drone e como este executa os planos de voo, sem ser necessário colocar o drone a voar. Desta forma, pretende-se instruir os utilizadores, sem colocar em risco o equipamento e contribuir para uma execução eficiente e eficaz.

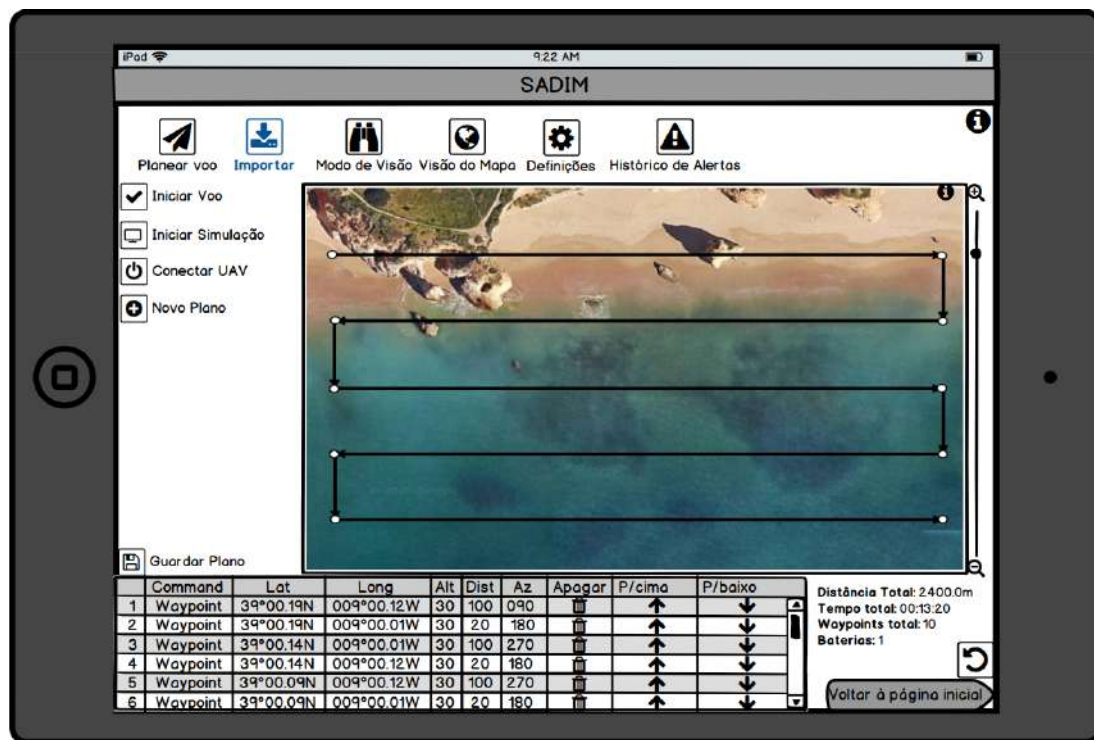


FIGURA 3.8: Janela de «Importar dados de Voo»

Funcionalidades de Visualização

Existem dois menus de visualização no protótipo: Modo de Visão e Visão do Mapa (Figura: 3.9).

O menu «Modo de Visão» tem o objetivo de oferecer ao utilizador a possibilidade de acompanhar o voo do drone em tempo-real, isto é, quando o drone inicia o voo, o utilizador através do menu «Modo de Visão» pode acompanhar o drone e visualizar informações sobre o local onde está o drone, relativamente ao

plano de voo, a bateria restante do drone, a distância ao *Home*⁵, a distância que falta percorrer e o tempo que demora a percorrer. Neste menu também existem dois modos de visualização. Um é o «Modo GPS» onde o utilizador pode acompanhar o percurso do drone com uma visão geral do plano de voo e do local em redor. Outro é o «Modo UAV» que pretende oferecer ao utilizador a possibilidade de visualizar aquilo que o drone está a sobrevoar em tempo-real e em primeira pessoa.

Em ambos os modos, existe a opção «Controlar UAV» em que é possível interromper o plano de voo e ficar a controlar o drone. Por exemplo, o utilizador está no «Modo UAV» e vê algo suspeito que pretende analisar melhor. Pode carregar no botão «Controlar UAV» e, automaticamente, fica com o controlo do UAV.

O outro menu, «Visão do Mapa», oferece ao utilizador a possibilidade de navegar pelo mapa mundo e seleccionar a área desejada a criar o plano de voo ou, simplesmente, navegar pelo mapa mundo.

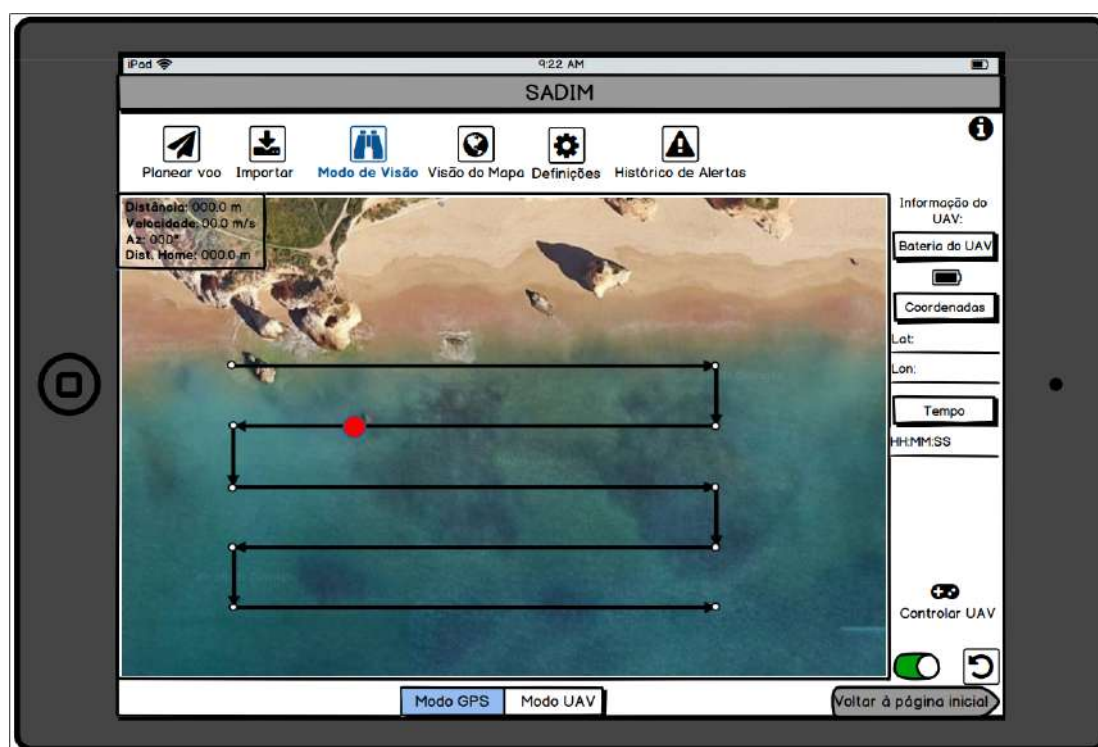


FIGURA 3.9: Janela de «Modo de Visão»

Alertas e Histórico

Pretende-se que o drone esteja treinado para detetar determinados incidentes marítimos, por forma a emitir um alerta na aplicação móvel ou através de uma mensagem programada, destinada às autoridades marítimas responsáveis, no momento. O treino do drone é desenvolvido por aprendizagem automática através

⁵Local de *take-off* do drone.

3.4. Protótipo da interface gráfica do Sistema de apoio na Detecção de Incidentes Marítimos (SADIM)

de redes neurais, como explanado na secção 3.3. Sempre que o utilizador estiver na aplicação, a mensagem que aparecerá em situação de incidente marítimo é a representada na Figura 3.10.

Através do botão «Mais Informações», a mensagem de alerta permite encaminhar o utilizador para consultar a imagem classificada como incidente e as respetivas informações. Na página das informações, o utilizador também terá a opção de interromper o voo do drone, tomar o controlo e verificar de novo o local da imagem que originou o alerta. Esta funcionalidade tem como objetivo oferecer ao utilizador a capacidade de confirmar com melhor precisão o alerta, retirar mais informações sobre o incidente e vigiá-lo até à chegada das autoridades competentes para a limpeza, em caso de poluição.

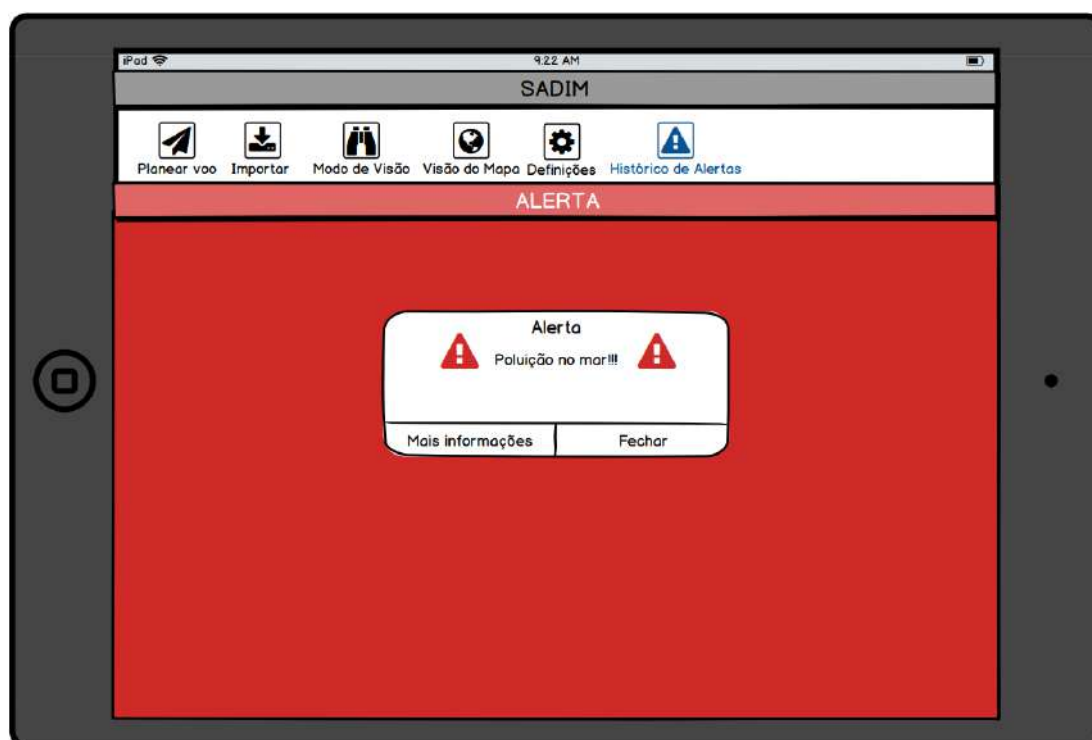


FIGURA 3.10: Mensagem de Alerta

A aplicação móvel, além da capacidade de emitir alertas, também tem a capacidade de guardar os dados dos incidentes numa base de dados que será possível consultar na janela do «Histórico de Alertas» (Figura: 3.11). Nesta janela estarão disponíveis as seguintes informações:

- Local do incidente - Será escrito pelo utilizador quando este for arquivado no histórico de alertas;
- Tipo de Incidente marítimo;
- Coordenadas do local - Serão as coordenadas do drone no momento da deteção do incidente;
- Hora e data;

- Foto - Aqui ficará arquivada a imagem para ser possível a visualização mais tarde.

Todas as informações serão geradas automaticamente, exceto a informação do Local do Incidente. Se o incidente ocorrer em terra, é possível identificar o local consoante a localização, porém, no meio marítimo, a designação do local pode gerar conflito de interpretação e dificuldades na definição do mesmo. Contudo, este problema poderia ser resolvido com a criação de zonas de classificação na própria aplicação móvel.

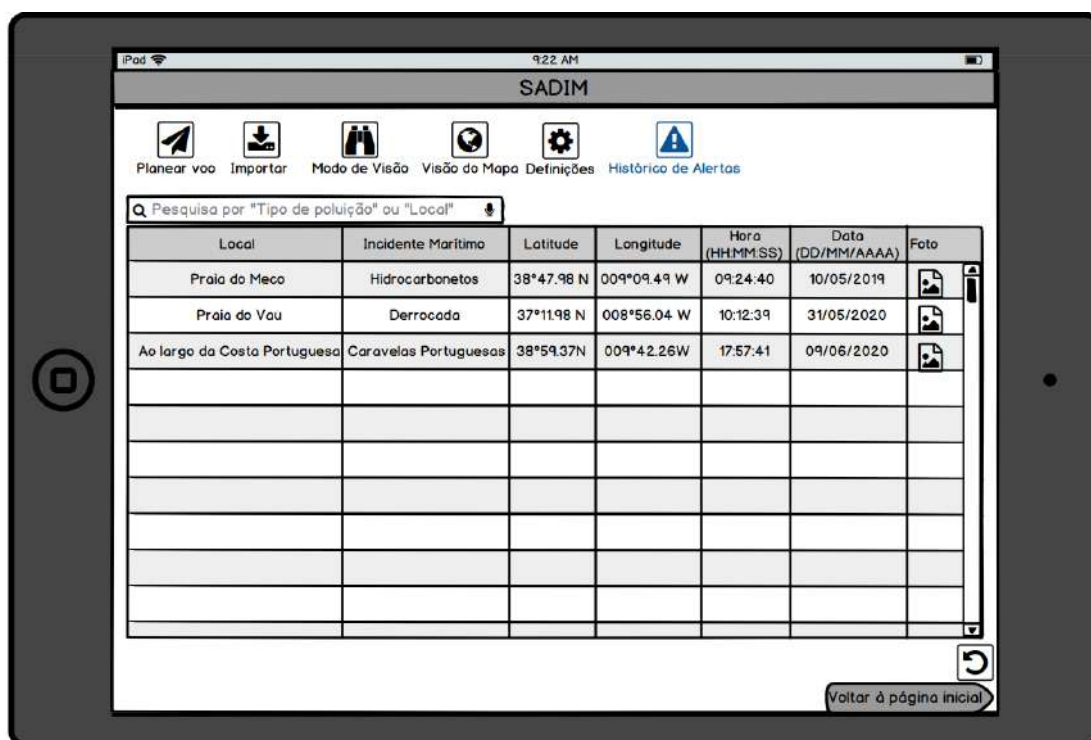


FIGURA 3.11: Janela de «Histórico de Alertas»

Capítulo 4

Recolha e tratamento de dados

Neste capítulo pretende-se explicar todos os procedimentos na recolha e tratamento de dados, ou seja, como foi planeada a recolha de imagens através do drone, como foram tratadas as imagens e quais os procedimentos realizados para treinar o algoritmo em *Orange* e qual o método de avaliação utilizado para analisar e validar a solução criada. Desta forma, o capítulo está dividido em três secções: Plano de voo, Resultados do treino do modelo de aprendizagem automática e Método de avaliação do SADIM.

4.1 Plano de Voo

4.1.1 Procedimentos de segurança

O voo com o drone pode tornar-se perigoso quando não é devidamente planeado. Foram definidas três regras de segurança essenciais durante a execução do voo:

- Durante o voo do drone, ninguém deve passar pela zona do planeamento;
- Não perder de vista o drone;
- Voar longe das estruturas.

Para garantir os melhores resultados dos dados recolhidos é importante elaborar um planeamento de voo para cumprir todos os requisitos e para permitir que os dados são recolhidos com a máxima precisão. Para isto foram criadas instruções de verificação para executar antes/durante o voo que podem ser consultadas no Apêndice A.

4.1.2 Planeamento do voo

A recolha das imagens foi realizada através de um drone *Parrot Anafi*. Foram realizadas várias abordagens com ângulos de incidência diferentes e alturas entre os 7 e os 30 metros. Os voos foram realizados no período diurno do mesmo dia (14h-15h) com condições meteorológicas favoráveis, céu limpo e vento fraco, não influenciando a operação com o drone.

Antes de efetuar a recolha dos dados, foi planeado previamente um plano de voo para o drone efetuar.

Os planos de voo criados *offline* iniciaram definindo a área de interesse através do *Google Maps* e do *Google Earth's Pro*. Após a definição dessa área, os *waypoints* foram exportados do *Google Earth's Pro*, no formato KML, e carregados na plataforma *Pix4D Capture*.

A água do mar foi simulada por dois tanques de água, com um volume conjunto de 12800 L, os quais foram poluídos com diesel de aquecimento. Um dos tanques estava com várias folhas de árvores por forma a simular uma zona perto de costa e o outro tanque limpo apenas com água doce a simular uma zona longe de costa.

Os voos foram realizados como planeados e foi criada uma base de imagens que foram utilizadas para treino do modelo de aprendizagem automática.

4.1.3 Limitações do local de voo

O ambiente utilizado para testar a deteção de hidrocarbonetos no mar com o drone foi um ambiente simulado com algumas limitações:

- Os tanques com água ocupavam cerca de 25% da área de interesse;
- A água utilizada foi água doce e o poluente foi diesel de aquecimento em pequenas quantidades (35 L) formando uma mancha avermelhada;
- A profundidade dos tanques era de 25 centímetros simulando uma zona muito próxima de costa;
- Um dos tanques continha folhas de árvores por forma a simular uma zona interior, porém o fundo preto do tanque dificultou o realce do poluente.

4.2 Base de imagens para treino do modelo de Aprendizagem automática

Para treino do modelo de reconhecimento de poluição no mar foi criada uma base de imagens. A criação da base de imagens teve como base duas fontes: a recolha de imagens com o drone em ambiente simulado e imagens do projeto Seagull (Ribeiro et al., 2017). Estas imagens têm todas 1920 x 1080 pixéis.

O projeto Seagull teve como objetivo estudar o uso de veículos aéreos não-tripulados para a deteção, identificação, relato e seguimento automático de determinados alvos no mar, por forma a auxiliar as autoridades nestas tarefas. O estudo consistiu em desenvolver um sistema inteligente para integrar o drone, juntamente com câmaras visuais, infravermelhas e hiperespectrais, e todos os outros sensores que compõem o drone (Ribeiro et al., 2017).

Foi considerado importante a utilização da base de imagens do projeto Seagull para testar o modelo de aprendizagem automática, quando deparado com imagens de situações reais. Esta base de imagens contém, maioritariamente, imagens só da água do mar mas também contém imagens com reflexo da luz solar, com embarcações e com praias. Estas situações ajudam a testar e perceber as dificuldades do modelo de aprendizagem automática.

As imagens recolhidas pelo drone sofreram um pré-processamento que consistiu na identificação de imagens distorcidas ou sem qualidade que podem influenciar a aprendizagem do algoritmo. Estas serão eliminadas manualmente. De seguida, como explicado no Capítulo 3, as imagens foram divididas em «Poluição_Treino» e «Não-Poluição_Treino». Após esta divisão obteve-se um total de 261 imagens sem poluição e 790 imagens com poluição. De seguida, foram criadas duas pastas novas: a pasta «Poluição» com 30% de imagens aleatórias da pasta «Poluição_Treino» e a pasta «Não-Poluição» com 30% de imagens aleatórias da pasta «Não-poluição_Treino».

Em suma, criou-se um base de imagens com:

- Pastas de Treino (total de 736 imagens):
 - «Poluição_Treino» composta por 553 imagens;
 - «Não-Poluição_Treino» composta por 183 imagens;
- Pasta de Teste (total de 315 imagens):
 - «Poluição» composta por 237 imagens de poluição;
 - «Não-Poluição» composta por 78 imagens de sem poluição.
- Pasta do projeto SEAGULL:
 - «Não Poluição» composta por 1074 imagens.



FIGURA 4.1: Exemplos de imagens da pasta «Poluição»



FIGURA 4.2: Exemplos de imagens da pasta «Não-Poluição»



FIGURA 4.3: Exemplos de imagens da pasta do projeto Seagull «Não-Poluição»

4.3 Método de avaliação do SADIM

Por forma a obter a opinião de utilizadores, foram realizados inquéritos com recurso à ferramenta *Google Forms* (ferramenta de questionários da Google). Este inquérito foi construído com o objetivo de recolher informação sobre a utilidade do protótipo e perceber como pode ser melhorado em termos de funcionalidades.

O inquérito foi composto por 6 secções:

1. Na primeira secção foi feita uma breve introdução onde são apontados os objetivos do inquérito;
2. A segunda secção teve o objetivo de criar o perfil dos inquiridos.
3. A terceira secção teve como objetivo perceber se o inquirido tinha conhecimento ou teve experiência acerca de incidentes marítimos e qual a sua familiaridade com aplicações móveis;
4. A quarta secção foi composta por 6 desafios com o objetivo de avaliar o protótipo através da facilidade que o utilizador demonstrou em navegar pelo protótipo sem formação;
5. A quinta secção teve como finalidade avaliar a importância e relevância das funcionalidades principais do protótipo, com base na opinião do inquirido;
6. Na sexta secção foi avaliado o protótipo através do critério *System Usability Scale* (SUS).

Os testes de usabilidade SUS foram concebidos com o objetivo principal de avaliar qualquer interface (protótipos, produtos, serviços, aplicações, websites, entre outros) (Jeff Sauro, 2011). Desta forma, foi criada a sexta secção para avaliar a qualidade do protótipo.

Para avaliar os resultados dos questionários no Capítulo seguinte vai ser elaborada uma análise de resultados e para validar a solução proposta vai ser realizada uma análise estatística.

Considera-se fundamental recolher a opinião dos inquiridos por forma a melhorar o protótipo e facilitar a sua utilização ao mínimo, com o objetivo de não ser necessário formação nem auxílio de um técnico para a sua utilização.

Capítulo 5

Análise e validação da solução

Neste capítulo pretende-se concluir se a solução construída revela ser uma solução eficaz e eficiente na deteção de incidentes marítimos na costa portuguesa através da análise dos resultados dos inquéritos e se o modelo de Aprendizagem Automática utilizado é útil na deteção de derrames de óleos.

5.1 Análise de Resultados

5.1.1 Modelo de Aprendizagem automática

Treino do modelo

O primeiro fluxo de trabalho (Figura: 3.4) foi utilizado para treino do modelo. Foram utilizados dois métodos de classificação por forma a determinar qual o que oferece melhores resultados.

TABELA 5.1: Resultados do «*Teste and Score*» em *Orange*

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Neural Network	0.986	0.952	0.953	0.954	0.952
Logistic Regression	0.991	0.963	0.963	0.963	0.963

Ao analisar os elementos da tabela, verificamos que a regressão logística tem uma taxa de sucesso ligeiramente superior às redes neuronais. Porém, estas diferenças de valores são mínimas, demonstrando que ambos os métodos de classificação obtiveram taxas de classificação bastante aceitáveis.

Outro método de visualização dos resultados foi o *Confusion Matrix*, o qual oferece a oportunidade de analisar os resultados consoante os VP, VN, FP e FN.

Analisando os FN, ou seja, as imagens classificadas como «Poluição» e consideradas pelo algoritmo «Não-poluição», observamos que o número de FN é menor no método de regressão logística. No entanto, o número de imagens classificadas como «Não-poluição» e que são identificadas como «Poluição» é menos no modelo de redes neuronais.

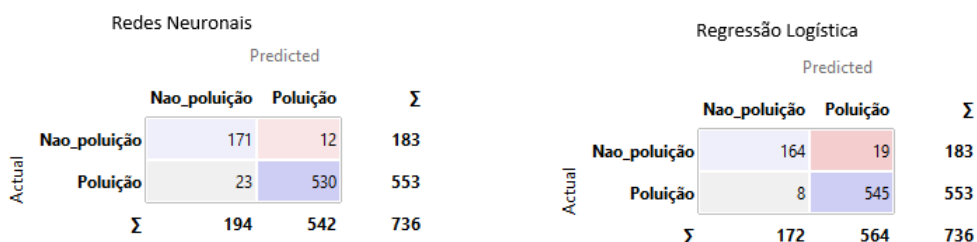


FIGURA 5.1: *Confusion Matrix* da rede neuronal e da regressão logística

Em suma, com os resultados obtidos verificamos que ambos os métodos de aprendizagem automática (redes neuronais e regressão logística) apresentam bons resultados no reconhecimento da poluição na água. De seguida serão testados os dois modelos na deteção de poluição em imagens desconhecidas pelo o modelo treinado.

Teste com imagens do drone

Primeiramente, as imagens utilizadas para o primeiro teste foram imagens da «Pasta de Teste», ou seja, imagens semelhantes às que foram utilizadas para treino do modelo de aprendizagem automática.

Utilizou-se as imagens da pasta «Poluição» no primeiro teste e verificou-se que o modelo de redes neuronais classificou 12 imagens (95% de acerto) como não poluição e o modelo de regressão logística classificou 2 imagens (99% de acerto) como não poluição (Figura: 5.2).

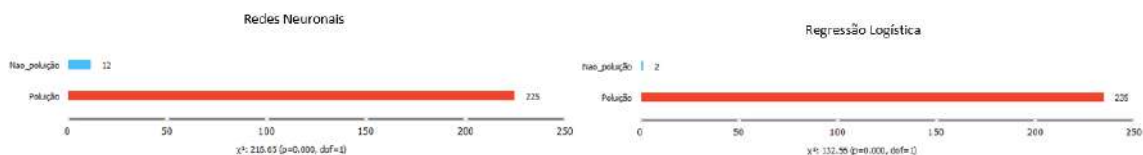


FIGURA 5.2: Resultados da previsão com imagens de poluição

No segundo teste foi utilizada a pasta «Não-Poluição» e obtiveram-se os seguintes resultados com uma taxa de erro maior relativamente ao número de imagens que foi utilizado. O modelo de redes neuronais identificou erradamente 10 imagens (87% de acerto) como poluição e o modelo de regressão logística identificou 12 imagens (85% de acerto) como poluição.

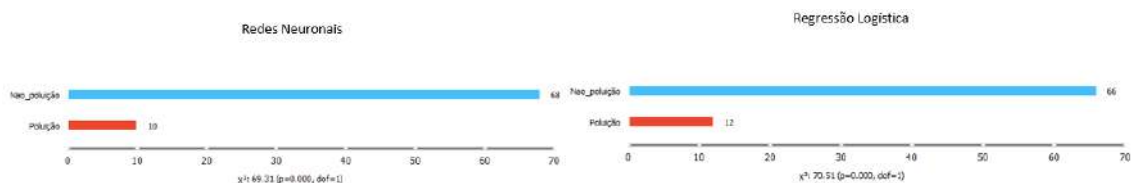


FIGURA 5.3: Resultados da previsão com imagens sem poluição

Teste com imagens do projeto Seagull

Este teste foi considerado importante porque as imagens do projeto Seagull, apesar de não terem poluição no mar, são milhares e são imagens reais que auxiliam na deteção de erros do modelo de aprendizagem automática. Os resultados da previsão do modelo estão representados na Figura 5.4.

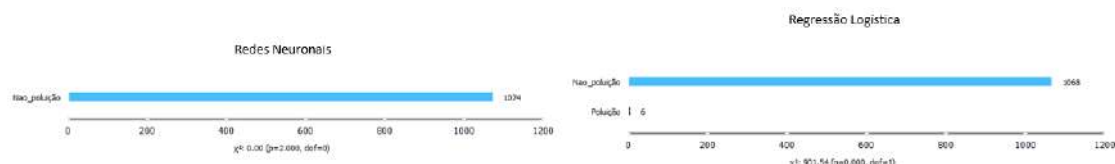


FIGURA 5.4: Resultados da previsão com imagens do Seagull

Através da análise dos gráficos, verificamos que o modelo de redes neurais realizou uma previsão 100% correta pois não classificou nenhuma imagem como poluição. Enquanto que o modelo de regressão logística, classificou 6 imagens (99,4% de acerto) como poluição.

Em suma, os resultados obtidos são satisfatórios tanto na deteção de poluição como no reconhecimento da não poluição no local. O objetivo é a deteção de poluição mas para uma melhor precessão dos erros do modelo considera-se importante estudar as duas situações. Desta forma, é possível concluir que:

- Ambos os modelos obtiveram resultados satisfatórios com taxas de sucesso acima dos 85%;

Considera-se que os modelos de aprendizagem automática utilizados para detetar a poluição no mar são eficazes e capazes de reconhecer poluição no mar através de imagens de um drone de baixo custo.

5.1.2 Inquéritos

Com o inquérito, pretendeu-se efetuar a validação de parte da solução proposta (VANT e interface gráfica) por forma a contribuir para a resposta final à QP. Os resultados obtidos são apresentados com recurso a tabelas, por forma a facilitar a sua interpretação e análise.

Num total de 72 inquiridos, 75% eram do género masculino e 25% do género feminino. Relativamente à idade, maioritariamente os inquiridos tinham idade a baixo dos 24 anos (70,8%), sendo que 9,7% tinha entre 25 e 39 anos, 8,3% tinha entre 40 a 55 anos e 11,1% tinha idade superior a 55 anos (Tabela: 5.1.2) .

TABELA 5.2: Respostas ao inquérito: género e idade

Masculino	Feminino	<24	25-39	40-55	>55
54 (75%)	18 (25%)	51 (70,8%)	7 (9,7%)	6 (8,3%)	8 (11,1%)

Quanto à Formação/Habilitações Literárias, os inquiridos maioritariamente tinham Licenciatura (70,8%), sendo que 8,3% tinham Mestrado ou Doutoramento, 18,1% tinham o 12^o ano de escolaridade do Ensino Secundário, 1,4% tinham o 7^o ano de escolaridade do Ensino Básico e 1,4% tinham o 5^o ano de escolaridade do Ensino Básico (Tabela: 5.1.2).

TABELA 5.3: Respostas ao inquérito: Formação/Habilitações Literárias

Mestrado/ Doutoramento	Licenciatura	Ensino Secundário (12 ^o ano)	Ensino Básico (7 ^o ano)	Ensino Básico (5 ^o ano)
6 (8,3%)	51 (70,8%)	13 (18,1%)	1 (1,4%)	1 (1,4%)

A questão final desta secção teve o objetivo de verificar se os inquiridos desempenharam funções de vigilância nas praias. Se os inquiridos respondessem que já desempenharam vigilância nas praias, seriam encaminhados para uma questão para identificarem a entidade à qual estiveram ligados profissionalmente enquanto vigilantes nas praias. Caso respondesses que nunca tinham desempenhado funções de vigilância nas praias, seriam encaminhados para a secção seguinte. 20,8% desempenharam funções de vigilância nas praias. Desses 20,8% inquiridos, 66,7% estiveram ligados aos nadadores salvadores, 20% ao Instituto de Socorro a Náufragos (ISN), 6,7% aos Bombeiros e 6,7% à Marinha Portuguesa (Tabela: 5.1.2).

TABELA 5.4: Respostas ao inquérito: Desempenhou funções de vigilância nas praias e as respetivas entidades

Não desempenhou	Desempenhou			
57 (79,2)	15 (20,8)			
	Nadadores Salvadores	ISN	Marinha	Bombeiros
	10 (66,7%)	3 (20%)	1 (6,7%)	1 (6,7%)

Com a **terceira secção** pretendeu-se adquirir o grau de conhecimento acerca de incidentes marítimos e o grau de familiaridade com aplicações móveis utilizadas para informações de praias ou para controlo de drones. A primeira questão desta secção é relativa à presença no decorrer de um incidente marítimo. 61,1% nunca presenciaram e 38,9% presenciaram incidentes marítimos (Tabela: 5.5). Estes 38,9% foram encaminhados para uma segunda questão para aferir quais os incidentes marítimos que presenciaram enquanto que os inquiridos que nunca presenciaram incidentes, não foram encaminhados para esta questão. Os inquiridos presenciaram os seguintes incidentes marítimos: Caravelas-Portuguesas, Derrocadas na zona

costeira, Afogamentos nas praias, Corpos de animais, Acidentes com embarcações, Inundações costeiras, Peixes-Aranha e Auxílio a um náufrago (Tabela: 5.1.2).

TABELA 5.5: Respostas ao inquérito: Presenciou incidentes marítimos

Não presenciou	Presenciou
44 (61,1%)	28 (38,9%)

TABELA 5.6: Respostas ao inquérito: Incidentes presenciados pelos inquiridos

Caravelas-Portuguesas	12 (42,9%)
Derrocadas na zona costeira	8 (28,6%)
Afogamentos na praia	16 (57,1%)
Corpos de animais	13 (46,4%)
Acidentes com embarcações	10 (35,7%)
Inundações Costeiras	1 (3,6%)
Derrames de Hidrocarbonetos	3 (10,7%)
Resíduos sólidos no mar ou praia	18 (64,3%)
Peixe-Aranha	1 (3,6%)
Auxílio a um náufrago	1 (3,6%)

A maioria dos inquiridos (87,5%) considera que os acidentes/incidentes marítimos são frequentes na zonas costeiras. Adicionalmente, 91,7% considera que estes acidentes/incidentes têm impacto na sociedade e que, por isso, devem ser monitorizados.

Relativamente ao grau de conhecimento acerca dos meios utilizados para a monitorização/vigilância, apenas 6,9% dos inquiridos não tinham qualquer conhecimento. Os restantes 93,1% tinham, pelo menos, o conhecimento mínimo acerca dos meios utilizados na monitorização/vigilância dos incidentes marítimos. Quanto ao conhecimento relativo a os meios utilizados, destacam-se as embarcações salva-vidas (84,7%) e as motas de água (75%) (Tabela: 5.1.2).

Ainda nesta secção, foi possível apurar que todos os inquiridos consideraram os VANTs um meio útil na monitorização de incidentes marítimos.

Quanto ao conhecimento de aplicações móveis para divulgar informação sobre as praias, 63,9% dos inquiridos tinham conhecimento, enquanto que 36,1% não tinham qualquer conhecimento. Relativamente ao conhecimento de aplicações móveis para o controlo de VANTs, a maioria (88,9%) não tinha qualquer conhecimento enquanto que 11,1% tinha conhecimento (Tabela: 5.1.2).

TABELA 5.7: Respostas ao inquérito: Conhecimento dos meios utilizados na deteção de incidentes marítimos

Embarcações Salva-Vidas	61 (84,7%)
Mota de água	54 (75%)
Helicópteros	49 (68,1%)
Moto 4	48 (66,7%)
Viaturas Pick-Up	45 (82,5%)
Satélites	37 (51,4%)
Câmaras de Vigilância CCTV	29 (40,3%)
Bote para zonas abrigadas	22 (30,6%)

TABELA 5.8: Respostas ao inquérito: Familiaridade com aplicações móveis

	Sim	Não
Tem conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias?	46 (63,9%)	26 (36,1%)
Tem conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias?	8 (11,2%)	64 (88,8%)

Na **quarta secção** do inquérito, pretendeu-se avaliar o protótipo criado pelo autor. Ao enviar o questionário aos inquiridos, juntamente seguia em anexo o documento do protótipo e as respetivas instruções para que os inquiridos testassem o protótipo por forma a obterem conhecimento e ficassem familiarizados com suas funções. A secção foi composta por 6 questões desafio que tinham a seguinte estrutura: um enquadramento por forma a simular uma situação real, uma imagem da página do protótipo onde se encontrava a solução e quatro opções com hipóteses de escolha. A Tabela 5.1.2 mostra os resultados finais divididos em respostas certas e respostas erradas.

Verificamos que, apesar da maioria dos inquiridos não terem experiência a vigiar praias, nem conhecimento da existência de aplicações móveis para controlo de VANTs, obteve-se uma média de respostas certas superior às respostas erradas. Isto permite afirmar que o protótipo é simples, amigável e de fácil compreensão.

TABELA 5.9: Respostas ao inquérito: Desafio

Questões	Respostas certas	Respostas erradas
1	48 (66,7%)	24 (33,3%)
2	63 (87,5%)	9 (12,5%)
3	41 (56,9%)	31 (43,1%)
4	49 (68,1%)	23 (31,9%)
5	44 (61,1%)	28 (38,9%)
6	41 (56,9%)	31 (43,1%)

A **quinta secção** do inquérito teve como objetivo avaliar as funcionalidades do protótipo da aplicação móvel com base na opinião dos inquiridos. A Tabela 5.1.2 mostra que os inquiridos consideram que as funcionalidades do protótipo são importantes na vigilância e monitorização de incidentes marítimos. Relativamente à necessidade de existir um utilizador em terra para controlar o VANT, cerca de 9,7% dos inquiridos considera desnecessário ou pouco necessário. A transmissão de alertas e das coordenadas do local do incidente, ambas em tempo real, foram identificadas como as funcionalidades mais importantes.

TABELA 5.10: Respostas ao inquérito: Desafio

Questões	1	2	3	4	5
É relevante a deteção em tempo-real de incidentes marítimos?	0 (0%)	0 (0%)	2 (2,8%)	14 (19,4%)	56 (77,8%)
É relevante o conhecimento, em tempo-real, do tipo de incidente marítimo?	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,39%)	16 (22,2%)	55 (76,4%)
É relevante a transmissão, em tempo-real, das imagens do incidente marítimo?	0 (0%)	0 (0%)	6 (8,3%)	14 (19,4%)	52 (72,2%)
É importante o controlo de um VANT por um utilizador em terra?	2 (2,8%)	5 (6,9%)	11 (15,3%)	14 (19,4%)	40 (55,6%)
É importante a transmissão automática de alertas de incidentes marítimos?	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,39%)	12 (16,7%)	59 (81,9%)
É importante a transmissão automática das coordenadas do local do incidente?	0 (0%)	0 (0%)	2 (2,8%)	9 (12,5%)	61 (84,7%)
É importante o acesso aos registos de incidentes anteriores?	0 (0%)	0 (0%)	6 (8,3%)	17 (23,6%)	49 (68,1%)

Legenda: 1- Desnecessário; 2- Pouco necessário; 3- Necessário; 4- Muito necessário; 5- Fundamental

Por fim, na **sexta secção** foi avaliada a usabilidade do protótipo. Como referido no capítulo 4, o critério utilizado para avaliar a usabilidade do protótipo foi a pontuação SUS. Após efetuar os cálculos, o protótipo obteve a pontuação de 68, que segundo a diretriz base de interpretação da pontuação SUS, é equivalente classificação «Okay» (Apêndice C), ou seja, o protótipo é considerado aceitável em termos de usabilidade.

As questões de resposta aberta colocadas no final do inquérito permitiram obter sugestões de melhoria para o protótipo e para futuros projetos com visão na criação de uma aplicação móvel para deteção de incidentes marítimos (Apêndice F).

Em suma, conclui-se que:

1. O drone é considerado um meio útil na deteção de incidentes marítimos;
2. O protótipo tem as funcionalidades importantes e relevantes porém, necessita de ser melhorado para ser convertido numa aplicação móvel;

5.2 Análise estatística

Nesta secção pretende-se realizar uma avaliação estatística por forma a obter conclusões relevantes acerca da solução proposta e obter uma resposta à questão derivada (QD 3) formulada na Introdução.

Desta forma, pretende-se validar a QD 3 com base nas respostas dos inquiridos, através da análise estatística. Esta análise estatística é baseada em testes de hipóteses onde o objetivo é calcular o p-value e concluir, segundo a teoria, se é de rejeitar a hipótese H_0 . Para realizar um teste de hipóteses é necessário definir duas hipóteses, a H_0 (hipótese nula) e a H_a (hipótese alternativa), sendo que a variável aleatória X corresponde à resposta dos inquiridos que está definida entre os valores de 1 a 5 (Tabela: 5.11). Com esta escala de possíveis respostas pretende-se que os inquiridos avaliem a necessidade ou a não necessidade de determinada funcionalidade na solução proposta.

Deste modo, estabeleceu-se uma relação entre a QD 3 e questões do inquérito com o objetivo de obter uma resposta à questão derivada, ou seja, a hipótese da QD foi validada com o resultado dos testes de hipóteses de 3 questões do inquérito.

QD 3 - Qual a arquitetura adequada de uma solução eficiente e eficaz de monitorização a incidentes marítimos?

- H_0 : A arquitetura da solução proposta **não é adequada** para uma monitorização de incidentes marítimos eficiente e eficaz.
- H_a : A arquitetura da solução proposta **é adequada** para uma monitorização de incidentes marítimos eficiente e eficaz.

As respostas obtidas através do inquérito que validarão a questão acima são:

TABELA 5.11: Relação entre a QD 3 e as questões do inquérito

QD 3: Qual a arquitetura adequada de uma solução eficiente e eficaz de monitorização a incidentes marítimos?	
Questões do Inquérito	Variável X
Considera relevante a deteção em tempo-real de incidentes marítimos?	1- Desnecessário; 2- Pouco Necessário; 3- Necessário; 4- Muito Necessário; 5- Fundamental.
Considera importante a transmissão em tempo real, pelo drone, das imagens de um incidente marítimo?	1- Desnecessário; 2- Pouco Necessário; 3- Necessário; 4- Muito Necessário; 5- Fundamental.
Considera importante a transmissão automática de alertas de incidentes marítimos?	1- Desnecessário; 2- Pouco Necessário; 3- Necessário; 4- Muito Necessário; 5- Fundamental.

- 1Q - Considera **relevante a deteção em tempo-real** de incidentes marítimos?
 - H₀: Não ($X \leq 3$)
 - H_a: Sim ($X > 3$)
- 2Q - Considera **importante a transmissão em tempo real**, pelo drone, das imagens de um incidente marítimo?
 - H₀: Não ($X \leq 3$)
 - H_a: Sim ($X > 3$)
- 3Q - Considera **importante a transmissão automática de alertas** de incidentes marítimos?
 - H₀: Não ($X \leq 3$)
 - H_a: Sim ($X > 3$)

Os testes de hipóteses foram realizados através do cálculo do *p-value* que quando comparado com o nível de significância definido, é possível concluir se é muito provável rejeitar a hipótese nula ou se não é possível rejeitar a hipótese nula (McLeod, 2019). No Apêndice D estão os resultados do *p-value* para cada questão do inquérito. Após determinar o *p-value*, compararam-se os valores com o nível de significância e retiram-se sobre a aceitação ou não de H₀. O valor do nível de significância varia entre 1% a 10%, sendo que se o valor for 0,01, significa que a probabilidade de certeza é de 99%. Desta forma, definiu-se o nível de significância de 0,01.

Análise da 1Q: No que diz respeito à questão 1, o valor do *p-value* é $p = 2,81341E-42$, que comparado com o nível de significância, verificamos que o *p-value* é muito inferior ao nível de significância ($p < 0,01$). Isto é o suficiente para afirmar que com um erro de 1%, rejeitar a hipótese nula é a decisão certa. Desta forma, conclui-se que a H_0 é rejeitada e que a **deteção de incidentes marítimos em tempo-real é relevante** para a solução proposta.

Análise da 2Q: Relativamente à questão 2, o valor do *p-value* é $p = 1,04623E-32$ e é muito inferior ao valor do nível de significância ($p < 0,01$). Este resultado permite afirmar que existe uma evidência muito significativa contra H_0 , ou seja, considera-se que a hipótese nula é rejeitada. Deste modo, conclui-se que a **transmissão das imagens de incidentes marítimos em tempo-real é importante** para a solução proposta.

Análise da 3Q: Quanto à questão 3, o valor do *p-value* é $p = 4,20581E-48$ sendo este valor muito inferior ao nível de significância ($p < 0,01$). Devido a esta comparação, verifica-se que existe uma evidência bastante significativa de que H_0 é rejeitada. Desta forma, conclui-se que H_0 é rejeitada e que a **transmissão automática de alertas de incidentes marítimos é importante** na solução proposta.

A concordância verificada nestas três questões do inquérito vão de encontro às conclusões retiradas na secção da 5.1, demonstrando que para uma arquitetura de uma solução eficiente e eficaz na monitorização de incidentes marítimos é fundamental detetar, transmitir as imagens e transmitir um alerta do incidente, tudo em tempo-real. Segundo as respostas obtidas no inquérito, é possível afirmar que um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos deve ter estas funcionalidades.

Relativamente à QD3, conclui-se que a hipótese nula é rejeitada, ou seja, a solução proposta tem uma **arquitetura adequada para a monitorização de incidentes marítimos**.

Conclusão

O trabalho desenvolvido na presente dissertação procurou responder às questões levantadas inicialmente. Estas revelaram-se pertinentes permitindo reunir informação essencial e adequada para atingir o objetivo principal da dissertação.

De seguida, irão ser respondidas as questões derivadas que foram estudadas ao longo da dissertação:

1. **Quais os incidentes marítimos de risco mais elevado no litoral português?**

No início da dissertação o primeiro objetivo foi o estudo dos perigos associados aos países costeiros. Este estudo foi fundamental para conhecer a origem dos perigos e os riscos associados a esses perigos para a população. Esta fase permitiu perceber a importância da monitorização e da vigilância por forma a evitar incidentes marítimos. Para evitar incidentes marítimos com origem antropológica foram criados regulamentos e legislações por forma a regularizar e controlar os atos humanos porém, não é possível eliminar o erro humano. Também não é possível evitar os incidentes marítimos de origem natural, no entanto é possível prever a ocorrência de incidentes por forma a minimizar o impacto na sociedade. Desta forma concluiu-se que para um eficaz controlo, monitorização e vigilância é fundamental a existência de sistemas de apoio que permitam a compilação de informação útil para uma tomada de decisão antecipada à ocorrência de incidentes.

No Capítulo 1 foram referenciadas legislações internacionais e nacionais que estabeleceram regras para quem usufrui do mar de forma recreativa e/ou profissional e foi demonstrado o impacto que estas medidas tiveram na mitigação de acidentes e incidentes. Também foram estudados sistemas de apoio que auxiliam as autoridades marítimas na deteção de derrames de hidrocarbonetos no mar. A mitigação do impacto deste incidente é uma preocupação das autoridades marítimas como tal foi possível concluir que os derrames de hidrocarbonetos no mar são considerados incidentes marítimos de elevado risco para países costeiros.

2. **Qual a eficácia e eficiência dos métodos e técnicas de vigilância de incidentes no litoral?**

Seguidamente foram estudados os métodos e técnicas utilizados atualmente para vigiar incidentes marítimos e analisar métodos e técnicas de vigilância e monitorização com outras aplicações. Este estudo permitiu concluir que todos os métodos e técnicas utilizados são eficazes na vigilância e monitorização dos incidentes quando adequados ao objetivo final. Por exemplo, o uso de satélites

para a deteção de derrames de óleos é importante porque abrange uma área marítima muito superior a qualquer outro meio, no entanto a aeronave é um excelente meio para uma identificação e classificação do derrame de óleo; os radares são sensores que executam uma busca numa área marítima ampla, operam de dia e de noite e detetam alvos no mar, no entanto as câmaras óticas permitem identificar e classificar os alvos no mar mas obtém resultados imprecisos no período noturno.

Este estudo também foi essencial para definir os componentes fundamentais que podem integrar um sistema de apoio para efetuar vigilância e monitorização costeira. Neste sentido os drones apresentam vantagens na vigilância e monitorização costeira diminuindo o risco humano em tarefas que podem ser perigosas, alcançando facilmente locais de difícil acesso e tendo custo de aquisição e manutenção reduzidos. Também a capacidade de suportarem diferentes sensores coloca os drones num patamar semelhante ao dos meios frequentemente utilizados na deteção de incidentes e acidentes marítimos.

3. Qual a arquitetura adequada de uma solução eficiente e eficaz de monitorização a incidentes marítimos?

Por forma a propor um método útil às autoridades, foi apresentada uma possível arquitetura de um sistema de deteção de incidentes e acidentes marítimos com quatro componentes consideradas fundamentais: drone, sensor, aprendizagem automática e interface gráfica. Relativamente ao drone e ao sensor, estes foram testados através do planeamento de voo e do voo do drone de forma a captarem imagens de poluição nos tanques de água. As imagens obtidas apresentaram boa resolução espacial e facilitaram a deteção da poluição na água. A componente da aprendizagem automática foi avaliada através dos resultados dos modelos de aprendizagem automática escolhidos para a previsão de poluição no mar. Estes resultados foram satisfatórios e indicaram que o modelo treinado é capaz de detetar a poluição com uma boa taxa de sucesso. A última componente, a interface gráfica, foi testada através das respostas ao inquérito e através da avaliação SUS. Segundo os resultados obtidos, verificámos que a interface é simples, amigável e de fácil compreensão porém, a avaliação SUS indica que a interface necessita de ser melhorada.

Por fim, foi avaliada a arquitetura da solução através da análise estatística e verificámos que esta é adequada para integrar um sistema de deteção de incidentes e acidentes marítimos.

As respostas a todas as questões derivadas permitiram responder à questão principal:

Que solução propor para a monitorização eficaz e eficiente de incidentes na costa litoral portuguesa?

A utilização de métodos de baixo custo e de *open-source* permite afirmar que a solução proposta é eficiente para monitorizar incidentes na costa litoral portuguesa e os resultados obtidos pelo modelo de aprendizagem automática permitem afirmar que a solução é eficaz. Assim, com um investimento reduzido é possível construir

um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos que permita auxiliar as autoridades marítimas na deteção dos incidentes marítimos com maior eficácia.

Em suma, apesar do projeto desenvolvido ter sido testado em ambiente simulado e do desenvolvimento do protótipo da aplicação móvel necessitar de melhorias, os resultados obtidos sugerem que é possível desenvolver um sistema de apoio à deteção de incidentes marítimos eficaz utilizando recursos de baixo custo.

Trabalhos Futuros

O estudo desenvolvido na dissertação sugere que é possível criar sistemas eficazes e de baixo custo para apoio às autoridades marítimas na monitorização do litoral português.

O incidente principal deste estudo foi o derrame hidrocarbonetos no mar no entanto, o sistema criado pode ter aplicação na deteção de outros incidentes como a deteção de caravelas-portuguesas e corpos de animais ou a localização de pessoas em locais de perigo. O desafio principal será treinar o modelo de aprendizagem automática para a reconhecer cada incidente.

Destacam-se as seguintes sugestões para projetos futuros:

- Aplicação de sensor laser Lidar de baixo custo num drone comercial, pois é um sensor que comparativamente às câmaras óticas obtém melhores resultados na obtenção de imagens;
- Construção da aplicação móvel baseada no protótipo criado, com a sugestão de utilização do MAVLink de forma a auxiliar as autoridades marítimas na eficaz deteção de incidentes marítimos;
- Treino do modelo de aprendizagem automática com imagens reais, sem ser em ambiente simulado, de forma à solução proposta ser avaliada relativamente à sua eficácia numa situação real.

Referências Bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2019). Linha de costa em situação de erosão | Relatório do Estado do Ambiente. Obtido 21 abril 2020, de <https://bit.ly/3xf3vR>
- ANCORIM. (2014). *Tomada de Decisão e Riscos Costeiros : Guia de Boas Práticas*. ANCORIM. <http://ancorim.aquit>
- ANCORIM. (2017). *Riscos costeiros : para melhor os compreender e lhes fazer face*, ANCORIM.
- Antunes, C. (2016). Subida do Nível Médio do Mar em Cascais, revisão da taxa actual. *4th Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, (1), 21–24. <https://bit.ly/39ZJJVz>
- APA, ARH Norte, ARH Centro, ARH Tejo e Oeste, ARH Alentejo & ARH Algarve. (2017). *Plano de Ação Litoral XXI*, Agência Portuguesa do Ambiente.
- ArduPilot Dev Team. (2016). Choosing a Ground Station - Rover documentation. Obtido 22 junho 2020, de <https://bit.ly/2DCu960>
- Bonn Agreement. (2009). *Bonn Agreement Aerial Operations Handbook*. Bonn Agreement.
- Brekke, C. & Solberg, A. H. (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 95(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.015>
- Cajarabille, V. L. (2009). *A Segurança no Mar Português (4^a)*. IDN - Revista Nação e Defesa. http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/3634/1/NeD122%7B%5C_%7DVictorLopoCajarabille.pdf
- Casado, M. R., Gonzalez, R. B., Kriechbaumer, T. & Veal, A. (2015). Automated identification of river hydromorphological features using UAV high resolution aerial imagery. *Sensors (Switzerland)*, 15(11), 27969–27989. <https://doi.org/10.3390/s151127969>
- Correia, A., Marques, M. S. & Graça, R. (2020). Automatic classification of incidents in coastal zones. Em *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Nunes, IL, pp. 123–129). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51064-0>
- Cunha, T. (2004). *A Importância Estratégica do Mar para Portugal (2^a)*. IDN - Revista Nação e Defesa.
- Dash, P. P., Wong, A. & Mishra, A. (2017). VeNICE: A very deep neural network approach to no-reference image assessment, Em *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2017.7915514>
- Debbie White. (2019). Jell On Earth. Obtido 28 agosto 2020, de <https://www.thesun.co.uk/news/9237685/armada-of-deadly-portuguese-man-o-war-jellyfish-with-100ft-tentacles-are-invading-spanish-beaches-popular-with-brits/>

- DGAM. (2011). *Guia de Apoio ao Combate à Poluição no Mar por Hidrocarbonetos e Outras Substâncias Perigosas* (Vol. 1). Lisboa.
- DGPM. (2019). *Economia do Mar em Portugal - 2018, Documento de Suporte ao Acompanhamento das Políticas do Mar* (Direção-Ge). Lisboa.
- DJI. (2017). Matrice 600 Pro Specs, FAQ, Tutorials and Downloads - DJI. Obtido 28 maio 2020, de <https://bit.ly/31urOIM>
- EMEPC. (2015). Estrutura de Missão para a Entensão da Plataforma Continental. Obtido 1 maio 2020, de <http://www.emepc.pt/pt/>
- EMSA. (2019). *Cleanseanet service - Detecting Marine Pollution From Space*, European Maritime Safety Agency.
- Everaerts, J. (2008). The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 1187–1192. <https://www.researchgate.net/publication/228640891>
- Expresso. (2014). Expresso | Ondas na Caparica podem chegar aos 9 metros. Obtido 5 maio 2020, de <https://bit.ly/2EUC13n>
- Fachin, S., Sancho, F., Ortega, M. & Losada, M. (2006). *Sistema de vídeo-monitorização da zona costeira*, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/paper1.pdf>
- Fingas, M. & Brown, C. (2014). Review of oil spill remote sensing. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 9–23. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.059>
- Fingas, M. & Brown, C. E. (2018). A review of oil spill remote sensing. *Sensors (Switzerland)*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/s18010091>
- Gens, R. (2008). Oceanographic applications of SAR remote sensing. *GIScience and Remote Sensing*, 45(3), 275–305. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.45.3.275>
- INE & Turismo de Portugal, I. (2019). *Portal do INE - Anuário Estatístico de Portugal - 2018*. <https://bit.ly/33ulnlv>
- INE - Serviço de Comunicação e Imagem. (2019). *Conta Satélite do Turismo (2016-2018)* (rel. téc.). Instituto Nacional de Estatística. <https://bit.ly/2XBrbWm>
- IPIECA, IOGP & IMO. (2016). *Aerial observation of oil spills at sea - Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*, CEDRE. <https://bit.ly/3kkudZ6>
- ITOPF. (2011). *TIP 01: Aerial Observation of Marine Oil Spills* (N.º 1). <https://bit.ly/30y6LzH>
- ITOPF. (2020). *Oil Tanker Spill Statistics 2019*. <https://bit.ly/2DIhLBj>
- Jeff Sauro. (2011). Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS). Obtido 9 julho 2020, de <https://measuringu.com/sus/>
- Klemas, V. (2011). Remote Sensing Techniques for Studying Coastal Ecosystems: An Overview. Em *Journal of Coastal Research* (pp. 2–17). West Palm Beach (Florida), Coastal Education; Research Foundation. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-10-00103.1>
- Klemas, V. V. (2015). Coastal and Environmental Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *Journal of Coastal Research*, 315, 1260–1267. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-15-00005.1>

- Koubaa, A., Allouch, A., Alajlan, M., Javed, Y., Belghith, A. & Khalgui, M. (2019). Micro Air Vehicle Link (MAVlink) in a Nutshell: A Survey. *IEEE Access*, 7(8)arXiv 1906.10641, 87658–87680. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924410>
- Kuechler, B., Petter, S. & Vaishnavi, V. (2012). *Design Science Research In Information Systems* (N.º 1), College of Business Administration, Georgia State University. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-79>
- Laliberte, A. S., Goforth, M. A., Steele, C. M. & Rango, A. (2011). Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and Applications for Rangeland Environments. *Remote Sensing*, 3(11), 2529–2551. <https://doi.org/10.3390/rs3112529>
- Lin, Y. C., Cheng, Y. T., Zhou, T., Ravi, R., Hasheminasab, S. M., Flatt, J. E., Troy, C. & Habib, A. (2019). Evaluation of UAV LiDAR for mapping coastal environments. *Remote Sensing*, 11(24), 1–32. <https://doi.org/10.3390/rs11242893>
- Lins-de-Barros, F. M. (2014). Análise Integrada da Vulnerabilidade Costeira e dos Riscos Associados. *Planeamento e Gestao das Zonas Costeiras*, (Dezembro), 15. <https://bitlybr.com/uw2e>
- Mallos Nicholas, L. G. (2020). Trash Free Seas: Plastics in the Ocean. Obtido 22 abril 2020, de <https://oceanconservancy.org/trash-free-seas/plastics-in-the-ocean/>
- Marinha. (2018). *Diretiva Estratégica da Marinha 2018*, Marinha Portuguesa.
- Marris, E. (2013). Drones in science: Fly, and bring me data. *Nature*, 498(7453), 156–158. <https://doi.org/10.1038/498156a>
- McLeod, S. (2019). What a p-value tells you about statistical significance. Obtido 13 agosto 2020, de <https://www.simplypsychology.org/p-value.html>
- Meier, L. (2018). Introduction - MAVLink Developer Guide. Obtido 2 julho 2020, de <https://mavlink.io/en/>
- Moon, J. H. & Jung, M. (2020). Geometrical Properties of Spilled Oil on Seawater Detected Using a LiDAR Sensor. *Journal of Sensors*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5609168>
- Moreira, P. A. R. (2016). *Derrames de Hidrocarbonetos no Mar: Uma avaliação das questões operações* (tese de doutoramento). Universidade do Porto. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/82721/2/118504.pdf>
- Murphy, K. P. (2012). *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. London, England, The MIT Press. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09332480.2014.914768>
- Nex, F. & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Ogunyale, K. (2019). Convolutional Neural Network on Nigerian Foods. Obtido 5 agosto 2020, de <https://bit.ly/31qRJUH>
- Page, D. S., Boehm, P. D., Brown, J. S., Gundlach, E. R. & Neff, J. M. (2011). Fate of oil on shorelines. *Oil in the Environment: Legacies and Lessons of the Exxon Valdez Oil Spill*, 116–143. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139225335.011>

- Papakonstantinou, A., Topouzelis, K. & Pavlogeorgatos, G. (2016). Coastline zones identification and 3D coastal mapping using UAV spatial data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(6), 75. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060075>
- Pereira, C. & Coelho, C. (2013). Mapas de Risco das Zonas Costeiras por Efeito da Ação Energética do Mar. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 13(1), 27–43. <https://doi.org/10.5894/rgci325>
- Pereira, E., Bencatel, R., Correia, J., Félix, L., Gonçalves, G., Morgado, J. & Sousa, J. (2009). Unmanned air vehicles for coastal and environmental research. *Journal of Coastal Research*, (SPEC. ISSUE 56), 1557–1561.
- Respostas, P. E. (2010). ESA - Eduspace PT - Home - O que é a detecção remota? Obtido 28 abril 2020, de <https://bit.ly/3ftMdfS>
- Ribeiro, R., Cruz, G., Matos, J. & Bernardino, A. (2017). A Data Set for Airborne Maritime Surveillance Environments. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 29(9), 2720–2732. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2017.2775524>
- Rodrigues, V.-a. A. R. (2019). Portugal , como potência costeira Portugal. Em Comissão Cultural de Marinha Centro de Estudos Estratégicos da Marinha (CEEM) (Ed.), *Cadernos Navais*. Lisboa.
- SenseFly. (2019). eBee Classic de senseFly - The Professional Mapping Drone. Obtido 28 maio 2020, de <https://www.sensefly.com/drone/abee-mapping-drone/>
- Shaw, L., Helmholz, P., Belton, D. & Addy, N. (2019). Comparison of Uav Lidar and Imagery for Beach Monitoring, Em *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-589-2019>
- Sousa, I. & Bastos, F. (2018). *Responsabilidade do Estado Português na Defesa e Segurança do seu Espaço Marítimo* (tese de doutoramento). Universidade de Lisboa.
- Space Coast Daily. (2018). Brevard County Ocean Rescue Issues Portuguese Man-of-War, Sea Dragons Warning. Obtido 28 agosto 2020, de <https://spacecoastdaily.com/2018/02/brevard-county-ocean-rescue-issues-portuguese-man-of-war-sea-dragons-warning/>
- Sun, S., Hu, C., Feng, L., Swayze, G. A., Holmes, J., Graettinger, G., MacDonald, I., Garcia, O. & Leifer, I. (2016). Oil slick morphology derived from AVIRIS measurements of the Deepwater Horizon oil spill: Implications for spatial resolution requirements of remote sensors. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.003>
- Takeda, H., Veerkamp, P., Tomiyama, T. & Yoshikawa, H. (1990). Modeling design processes. *AI Magazine*, 11(4), 37–48.
- UE. (2019). Agência Europeia da Segurança Marítima (EMSA). Obtido 5 agosto 2020, de <https://bit.ly/3gCqzHy>
- Vaishnav, D. & Rao, B. R. (2018). Comparison of Machine Learning Algorithms and Fruit Classification using Orange Data Mining Tool. *Proceedings of the 3rd International Conference on Inventive Computation Technologies, ICICT 2018*, 603–607. <https://doi.org/10.1109/ICICT43934.2018.9034442>

- Valentin, N. & Denoeux, T. (2001). A neural network-based software sensor for coagulation control in a water treatment plant, Em *Intelligent Data Analysis*, IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ida-2001-5103>
- Vousdoukas, M. I., Pennucci, G., Holman, R. A. & Conley, D. C. (2011). A semi automatic technique for Rapid Environmental Assessment in the coastal zone using Small Unmanned Aerial Vehicles (SUAV). *Journal of Coastal Research*.
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J. & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- Will T. (2017). Measuring and Interpreting System Usability Scale (SUS). Obtido 10 agosto 2020, de <https://uiuxtrend.com/measuring-system-usability-scale-sus/%7B%5C#%7Dinterpretation>
- Xiang, T. Z., Xia, G. S. & Zhang, L. (2019). Mini-Unmanned Aerial Vehicle-Based Remote Sensing: Techniques, applications, and prospects. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(3)arXiv 1812.07770, 29–63. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2019.2918840>
- Yeong, S. P., King, M. & Dol, S. S. (2015). A Review on Marine Search and Rescue Operations Using Unmanned Aerial Vehicles. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Marine and Environmental Sciences*.

Legislação

- REPUBLICA PORTUGUESA, Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 44/2002, Cria a Autoridade Marítima Nacional (AMN), Diário da República, I-A Série n.º52, 2 de março de 2002, pp 1750-1752.
- REPUBLICA PORTUGUESA, Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 185/2014, Lei Orgânica da Marinha, Diário da República, I Série, 29 de dezembro de 2014, pp 6397-6406.
- REPUBLICA PORTUGUESA, Autoridade Nacional de Aviação Civil, Regulamento n.º 238/2016, Condições de operação aplicáveis à utilização do espaço aéreo pelos sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente, Diário da República, II Série n.º238, 14 de dezembro de 2016, pp 36613-36622.

Apêndice A - Instruções Gerais para voo

Foi elaborado um documento para garantir a segurança antes/durante/pós voo com o drone.

INSTRUÇÕES GERAIS

- Verificar os componentes do drone (cabos, baterias, filtros, cartão de memória, sensor, asas e câmara).
- Verificar se o drone ou o sensor tem alguma proteção.
- Verificar as condições meteorológicas do local (existência de nuvens altas ou baixas, existência e intensidade do vento, intensidade do sol).
- Verificar obstáculos no trajeto do drone.
- Verificar se existe acesso à internet.
- Ligar o drone à aplicação.
- Verificar a calibração.
- Selecionar “return to home” em situação de perda de sinal de rádio:
 1. Caso selecione o “return to home”, definir a altitude a que ele regressa.
- Verificar a existência de obstáculos no local de descolagem do voo.
- Levantar voo e verificar de 3 em 3 minutos a bateria do drone e do dispositivo móvel.
- Caso haja alguma ocorrência durante o voo, retornar ao local de descolagem..

FIGURA A.1: Instruções Gerais de voo

Apêndice B - Boon Agreement Oil Appearance Code

A BAOAC (Boon Agreement Oil Appearance Code) é um código de aparência para determinar as quantidades de óleo a partir da observação aérea. Para os derrames serem classificados, estabeleceram-se os seguintes critérios:

1. As coordenadas geográficas e a hora da observação;
2. O grau de cobertura e as dimensões da mancha ou das camadas;
3. A aparência.

As coordenadas geográficas e a hora da observação para ficar registado o local e o momento em que foi observada o derrame; o grau de cobertura serve para direcionar e gerir os esforços para o local onde se concentra maior poluição; e a aparência indicando a cor pois esta vai dar informações da espessura e o tipo de óleo.

TABELA B.1: Boon Agreement Oil Appearance Code
Fonte: Adaptado de Bonn Agreement (2009)

Código	Aparência	Espessura da camada (μm)	Volume aproximado (L/km^2)
Código 1	Brilho (Prateado/Cinza)	0,04 - 0,30	40 - 300
Código 2	Brilho (Arco-Íris)	0,30 - 5	300 - 5000
Código 3	Metálico (Azul a Castanho)	5 - 50	5000 - 50.000
Código 4	Cor Verdadeira Descontínua (Castanho a Preto)	50 - 200	50.000 - 200.000
Código 5	Cor Verdadeira Contínua (Castanho a Preto)	> 200	> 200.000

Segundo o Bonn Agreement (2009) os códigos de manchas de óleo definem-se da seguinte forma:

Código 1: Brilho (cinza/prateado)

São camadas de óleo muito finas quase invisíveis e em condições de baixa visibilidade podem nem ser visíveis. Os óleos em camadas muito finas vão parecer iguais e a reflexão é cinza ou prateado devido à reflexão da luz no óleo.

Código 2: Arco-Íris

A aparência de manchas de óleo com espessura entre os 0,3 e os 5 μm mostram várias cores (amarelo, rosa, roxo, verde, azul, vermelho, cobre e laranja) dependendo, também, do ângulo de visão.

Código 3: Metálico

A cor metálica depende da espessura, mas também do tipo de hidrocarboneto. É uma cor homogênea podendo apresentar várias cores (castanho, azul, entre outras).

Código 4: Cor verdadeira descontínua

Para camadas de óleo com espessura superior aos 50 μm , as cores já dependem da cor do óleo. No entanto, a cor é descontínua devido ao efeito de dispersão resultante de fatores naturais (como a corrente e o vento) formando camadas mais finas e uma variação das cores.

Código 5: Cor verdadeira contínua

A cor verdadeira do óleo domina e o óleo não está disperso. Mostra uma cor homogênea, se a cor do óleo for preta, a cor observada é o preto.

Apêndice C - Pontuação SUS

Na Tabela está representada a diretriz base de interpretação da pontuação SUS.

TABELA C.1: Pontuação SUS
Fonte: Adaptado de Will T. (2017)

SUS Score	Grade	Adjective Rating
> 80.3	A	Excellent
68 - 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 - 58	D	Poor
< 51	F	Awful

Para calcular o SUS Score, o autor elaborou uma tabela com os cálculos efetuados (Figura C.2).

	Respostas	1	2	3	4	5	Média	Média Arredondada	Cálculo SUS
Perguntas									
1		1	2	8	27	34	4,26389	4,00	3,00
2		15	20	23	7	7	2,59722	3,00	2
3		0	0	16	32	24	4,11111	4,00	3
4		4	23	14	15	16	3,22222	3,00	2
5		0	2	10	33	27	4,18056	4,00	3
6		27	27	11	3	4	2,02778	2,00	3
7		0	1	5	27	39	4,44444	4,00	3
8		22	29	11	6	4	2,18056	2,00	3
9		0	2	8	27	35	4,31944	4,00	3
10		9	20	14	15	14	3,06944	3,00	2
Total		78	126	120	192	204			68

TABELA C.2: Pontuação SUS do protótipo do SADIM

Apêndice D - P-Value

<i>Questão 1</i>		<i>Questão 2</i>		<i>Questão 3</i>	
Média	4,75	Média	4,638888889	Média	4,819444444
Erro-padrão	0,058509125	Erro-padrão	0,077382744	Erro-padrão	0,049750508
Mediana	5	Mediana	5	Mediana	5
Moda	5	Moda	5	Moda	5
Desvio-padrão	0,496466387	Desvio-padrão	0,656614354	Desvio-padrão	0,422147057
Variância da amostra	0,246478873	Variância da amostr	0,43114241	Variância da amostra	0,178208138
Curtose	2,77397693	Curtose	1,272045009	Curtose	4,582108687
Assimetria	-1,864606165	Assimetria	-1,609279734	Assimetria	-2,257402769
Intervalo	2	Intervalo	2	Intervalo	2
Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	3
Máximo	5	Máximo	5	Máximo	5
Soma	342	Soma	334	Soma	347
Contagem	72	Contagem	72	Contagem	72
Diferença	1,75	Diferença	1,638888889	Diferença	1,819444444
t stat	29,90986459	t stat	21,17899689	t stat	36,57137436
p value	2,81341E-42	p value	1,04623E-32	p value	4,20581E-48

TABELA D.1: Cálculos do P-value

Apêndice E - Inquérito de Avaliação

Aplicação Móvel de Monitorização e Vigilância de incidentes marítimos

O presente questionário insere-se no âmbito da Dissertação de Mestrado do Aspirante Roque Graça, do Curso João Baptista Lavanha (ano letivo 2019/2020).

Os dados fornecidos serão utilizados exclusivamente para fins académicos. É garantido o carácter anónimo da recolha de dados efetuada.

Muito obrigado pela colaboração.

Objetivo do questionário:

Este questionário tem como objetivo a recolha de informação para a avaliação das funcionalidades de uma aplicação móvel que irá auxiliar as autoridades marítimas na deteção e identificação de incidentes marítimos. Entende-se por incidente marítimo todo o fenómeno suscetível de prejudicar populações costeiras (ex: poluição por hidrocarbonetos e descargas de efluentes, queda de arribas, chegada à costa de carcaças de animais marítimos, caravelas e medusas, etc.)

Os objetivos da aplicação são a transmissão em tempo-real de um incidente e o envio de um alerta no momento da deteção para as autoridades marítimas. Para o efeito será disponibilizado um protótipo da aplicação com a possibilidade de proceder a diversas interações tendo como finalidade o controlo de um veículo aéreo não-tripulado (drone) e a deteção de incidentes marítimos de forma automática. Por favor, interaja com as funcionalidades do protótipo antes de responder a este inquérito.

As questões seguintes destinam-se a obter dos inquiridos a seguinte informação: a) caracterização do seu perfil; b) grau de conhecimento na monitorização de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis; c) avaliação global do protótipo da aplicação móvel e das suas funcionalidades; d) avaliação da importância do protótipo para a monitorização e vigilância de incidentes marítimos.

Instruções de preenchimento

O questionário é composto por seis secções principais.

Vai encontrar questões obrigatórias e questões não obrigatórias. Leia as instruções e as questões com atenção.

O tempo de preenchimento é de aproximadamente 6 minutos.

Não é permitido voltar para a página anterior depois de se mudar de página.

NOTA: apenas inicie o preenchimento deste questionário após ter efetuado a utilização do protótipo da aplicação móvel.

Secção 2 de 14

Perfil

Questões de âmbito geral, para conhecer o perfil demográfico do inquirido.

1. Género:
 - (a) Masculino
 - (b) Feminino
2. Idade:
 - (a) <24
 - (b) 25-39
 - (c) 40-55
 - (d) >55
3. Formação/Habilitações Literárias
 - (a) Nenhuma
 - (b) Ensino Básico 1º Ciclo (5º ano de escolaridade)
 - (c) Ensino Básico 2º Ciclo (7º ano de escolaridade)
 - (d) Ensino Básico 3º Ciclo (9º ano de escolaridade)
 - (e) Ensino Secundário (12º ano de escolaridade)
 - (f) Licenciatura
 - (g) Mestrado / Doutoramento
4. Já desempenhou funções de vigilância nas praias?
 - (a) Sim
 - (b) Não

Secção 3 de 14

Situação profissional

Questões para conhecer o perfil profissional do inquirido.

1. Entidade a que se encontra ou encontrou profissionalmente ligado, para a assumir a vigilância nas praias?
 - (a) Marinha
 - (b) ISN
 - (c) Autoridade Marítima / Polícia Marítima
 - (d) Nadadores Salvadores
 - (e) Bombeiros

- (f) Proteção Civil
- (g) PSP / GNR
- (h) Agência do Ambiente
- (i) Outra opção

Secção 4 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

Nesta secção pretende-se avaliar o seu conhecimento geral sobre incidentes marítimos e sobre aplicações informáticas utilizadas na sua monitorização.

A secção é composta por questões de escolha múltipla, questões em que é necessária a seleção de uma ou mais respostas, ou avaliação de uma afirmação numa escala de 1 a 5, em que 1 representa nenhum conhecimento sobre o tema e 5 representa elevado conhecimento sobre o tema.

1. Alguma vez presenciou incidentes marítimos?
 - (a) Sim
 - (b) Não

Secção 5 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

Nesta secção pretende-se avaliar o seu conhecimento geral sobre incidentes marítimos e sobre aplicações informáticas utilizadas na sua monitorização.

A secção é composta por questões de escolha múltipla, questões em que é necessária a seleção de uma ou mais respostas, ou avaliação de uma afirmação numa escala de 1 a 5, em que 1 representa nenhum conhecimento sobre o tema e 5 representa elevado conhecimento sobre o tema.

1. Indique quais os tipos de incidentes marítimos que já presenciou
 - (a) Caravelas-Portuguesas
 - (b) Derrocadas na zona costeira
 - (c) Afogamentos nas praias
 - (d) Corpos de animais
 - (e) Acidentes com embarcações
 - (f) Derrames de hidrocarbonetos no mar
 - (g) Inundações costeiras

- (h) Resíduos sólidos no mar ou nas praias (e.g plásticos)
- (i) Outra opção

Secção 6 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

Nesta secção pretende-se avaliar o seu conhecimento geral sobre incidentes marítimos e sobre aplicações informáticas utilizadas na sua monitorização.

A secção é composta por questões de escolha múltipla, questões em que é necessária a seleção de uma ou mais respostas, ou avaliação de uma afirmação numa escala de 1 a 5, em que 1 representa nenhum conhecimento sobre o tema e 5 representa elevado conhecimento sobre o tema.

1. Considera que os acidente/incidentes marítimos são frequentes nas zonas costeiras, devendo por isso ser monitorizados?
 - (a) Sim
 - (b) Não
 - (c) Não tenho opinião
2. Considera que os acidentes/incidentes marítimos têm impacto relevante na população costeira, devendo por isso ser monitorizados?
 - (a) Sim
 - (b) Não
 - (c) Não tenho opinião
3. Qual o seu conhecimento acerca dos meios utilizados para a monitorização ou vigilância de incidentes marítimos?
 - (a) 1 - Nenhum
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Elevado
4. Mencione os meios utilizados na deteção de incidentes marítimos que conhece.
 - (a) Nenhum
 - (b) Embarcações salva-vidas
 - (c) Bote para zonas abrigadas
 - (d) Mota-de-água

- (e) Moto-4
 - (f) Viaturas pick-up
 - (g) Helicópteros
 - (h) Satélites
 - (i) Câmaras de vigilância CCTV
 - (j) Adicionar opção
5. Considera o veículo aéreo não-tripulado (drone) um meio útil na monitorização de incidentes marítimos?
- (a) Sim
 - (b) Não
 - (c) Não tenho opinião
6. Tem conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias?
- (a) Sim
 - (b) Não
 - (c) Não tenho opinião
7. Tem conhecimento de aplicações móveis para controlo de drones?
- (a) Sim
 - (b) Não
 - (c) Não tenho opinião
8. Se na questão anterior respondeu "Sim", mencione quais as aplicações móveis que conhece.

Secção 7 de 14

Desafio 1

Tendo em conta o que se recorda da interação que efetuou com o protótipo da aplicação móvel do Sistema de Apoio à Detecção de Incidentes Marítimos (SADIM), responda por favor aos seguintes 6 desafios. Todos os desafios têm um enquadramento inicial. Tome em conta esse enquadramento, quando responder às questões. Só poderá selecionar uma resposta por questão.

1. Suponha que é responsável por vigiar uma praia. Foi informado do avistamento de uma Caravela-Portuguesa no areal. Após a sua confirmação, agora pretende confirmar se o caso é único ou se várias caravelas se estão a aproximar da praia. Desta forma, pondera utilizar o SADIM para sobrevoar a zona marítima da praia por forma a averiguar a situação.

Qual seria a opção que escolheria para criar um plano de voo, de forma expedita?

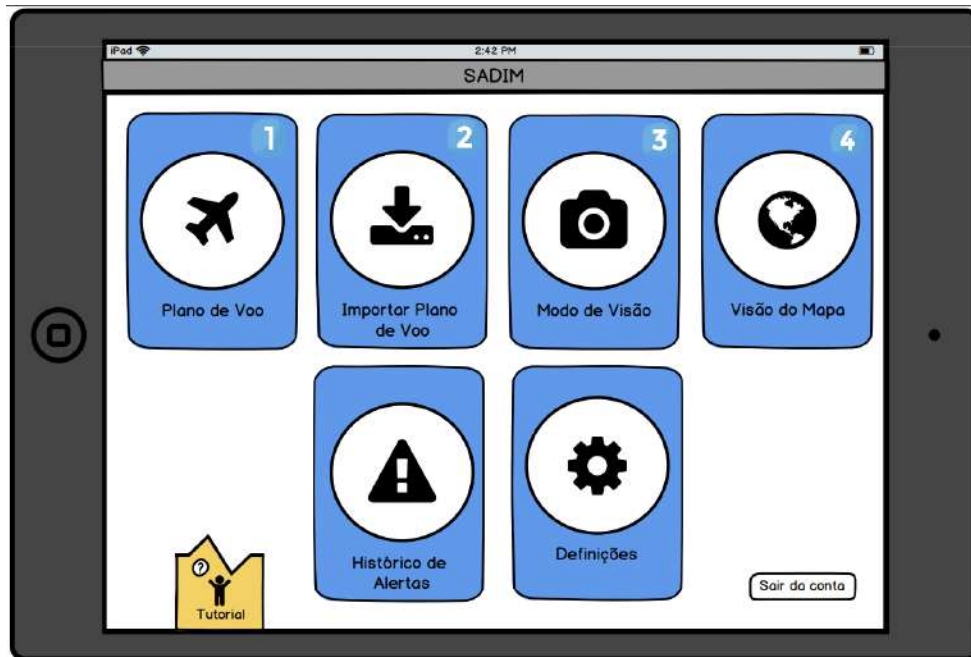


FIGURA E.1: Desafio 1

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

Secção 8 de 14

Desafio 2

1. Suponha que é responsável por vigiar a praia e tem um drone conectado ao SADIM. Esse drone já iniciou um plano de voo e está a voar.

Se quiser observar o que o drone está a captar no momento, qual seria a opção a seleccionar?

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

Secção 9 de 14

Desafio 3

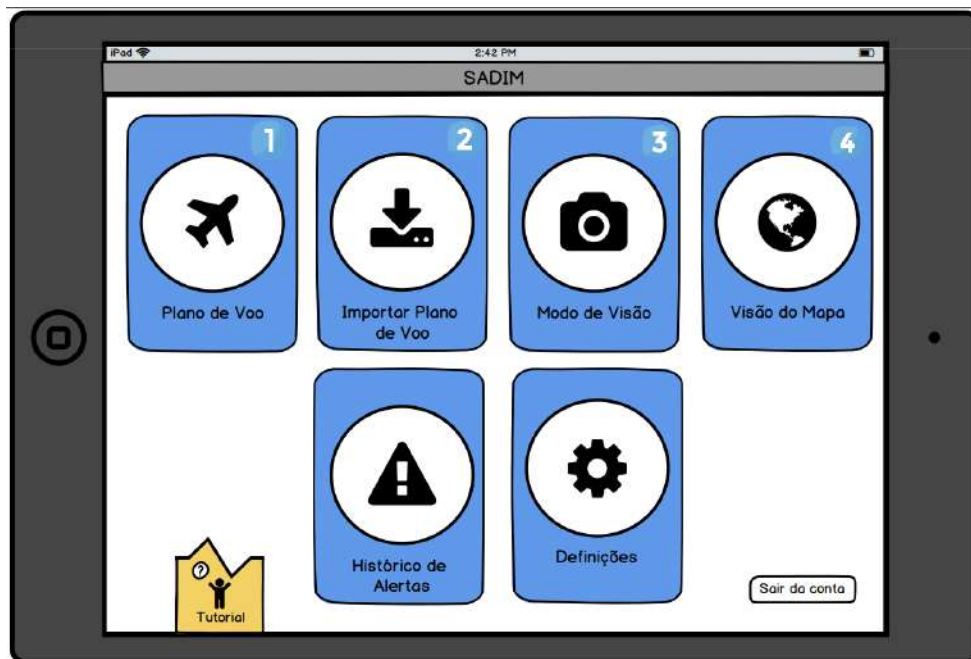


FIGURA E.2: Desafio 2

1. Suponha que continua na situação anterior, com o drone conectado ao SADIM e a executar um plano de voo.

Quer intervir no voo do drone. Qual seria a opção que escolheria?

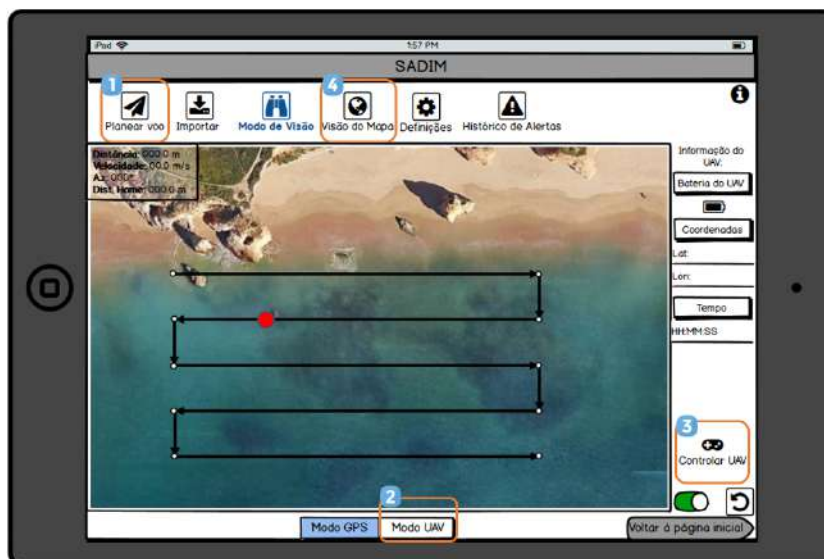


FIGURA E.3: Desafio 3

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

Secção 10 de 14

Desafio 4

1. Suponha que o drone está a executar um plano de voo. Para ter um maior controlo do drone, pretende que este comunique.

Qual seria a opção que escolheria para ativar a comunicação à chegada aos waypoints?

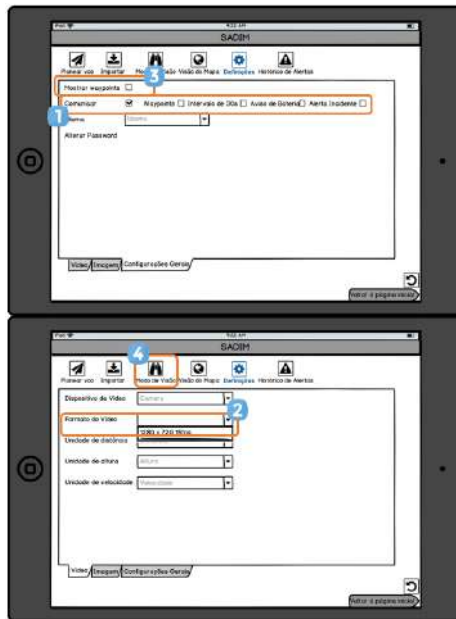


FIGURA E.4: Desafio 4

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

Secção 11 de 14

Desafio 5

1. Deseja consultar informações sobre incidentes registados anteriormente.

Está no menu principal. Qual seria a opção que escolheria para consultar as informações que deseja?

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

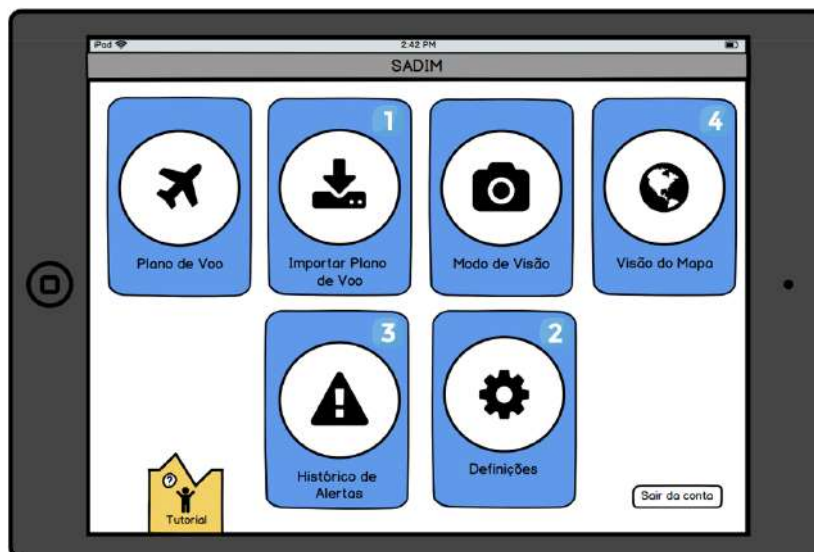


FIGURA E.5: Desafio 5

Secção 12 de 14

Desafio 6

1. Registou numa Folha de Cálculo Excel, as coordenadas de uma determinada área de interesse para vigiar. No dia seguinte, enquanto está de serviço, pretende enviar o drone para vigiar a área, preparada no dia anterior.

Qual seria a opção que escolheria para importar as coordenadas da área de interesse para o SADIM?

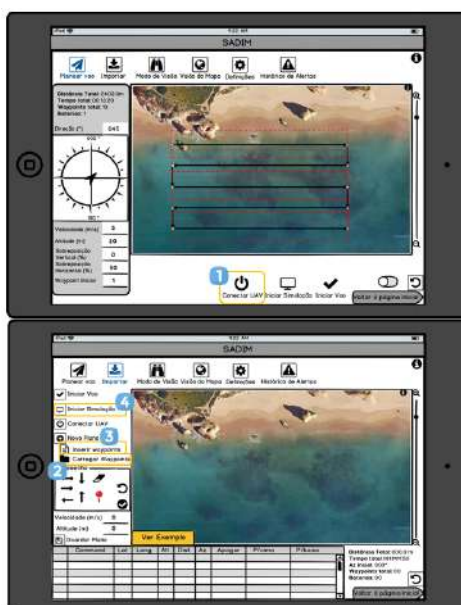


FIGURA E.6: Desafio 6

(a) 1

(b) 2

(c) 3

(d) 4

Secção 13 de 14

Avaliação das funcionalidades do protótipo da aplicação móvel

Nesta secção pretende-se obter a sua opinião relativamente à relevância das funcionalidades do protótipo da aplicação móvel (SADIM). As questões têm uma escala de 1 a 5, em que 1 significa que a funcionalidade é desnecessária, ou seja, não é importante, e 5 significa que a funcionalidade é muito importante.

1. Considera relevante a deteção em tempo-real de incidentes marítimos?
 - (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
2. Considera relevante que as autoridade marítimas conheçam, em tempo-real, o tipo de incidente marítimo ocorrido? (derrocadas, caravelas-portuguesas, hidrocarbonetos, entre outros)
 - (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
3. Considera importante a transmissão em tempo real, pelo drone, das imagens de um incidente marítimo?
 - (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
4. Considera importante o controlo do veículo aéreo não-tripulado (drone), por um utilizador em terra?

- (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
5. Considera importante a transmissão automática de alertas de incidentes marítimos?
- (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
6. Considera importante a transmissão das coordenadas do local do incidente?
- (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental
7. Considera importante o acesso aos registos de incidentes anteriores?
- (a) 1 - Desnecessário
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Fundamental

Secção 14 de 14

Avaliação da usabilidade do protótipo de aplicação móvel

Nesta secção pretende-se que avalie, como potencial utilizador, o protótipo tendo em conta a sua usabilidade. A avaliação tem por base uma escala de 1 a 5, em que: 1 significa que o aspeto que está a avaliar não ficou claro durante a utilização, ou seja, não concorda com a afirmação; e 5 significa que aquando a utilização o protótipo ficou clara a funcionalidade, ou seja, concorda com a afirmação.

1. Considero que utilizaria com frequência a aplicação móvel para monitorizar incidentes marítimos.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
2. Considero o protótipo da aplicação móvel muito complexo.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
3. Considero fácil a utilização do protótipo da aplicação móvel.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
4. Considero que precisaria de formação ou ajuda técnica para utilizar as funcionalidades da aplicação móvel, demonstradas pelo protótipo.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
5. Considero que as funcionalidades deste protótipo estão bem integradas.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente

6. Considero que este protótipo não é consistente.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
7. Considero que aprenderia a utilizar a aplicação móvel rapidamente.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
8. Considero o protótipo complicado de utilizar.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
9. Considero que me sentiria confiante a utilizar a aplicação móvel.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente
10. Considero que precisarei de aprender novos conceitos para utilizar a aplicação móvel.
 - (a) 1 - Discordo totalmente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 - Concordo Totalmente

11. O que mais o agradou neste protótipo?
12. E o que menos lhe agradou neste protótipo?
13. Quais as suas sugestões para melhoria deste protótipo?

Apêndice F - Resultados do Inquérito de Avaliação

Aplicação Móvel de Monitorização e Vigilância de incidentes marítimos

Secção 2 de 14

Perfil

1. Género:

72 respostas

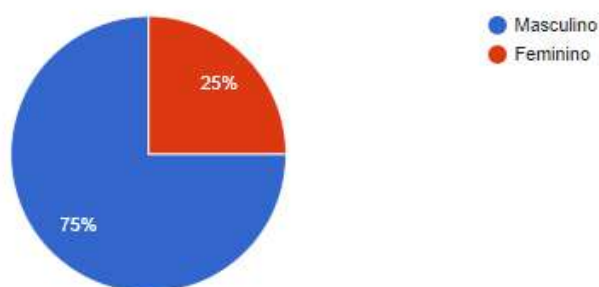


FIGURA F.1: Género

1. Idade:

2. Formação/Habilitações Literárias

72 respostas

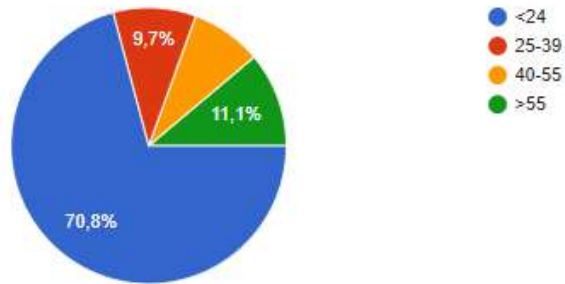


FIGURA F.2: Idade

72 respostas

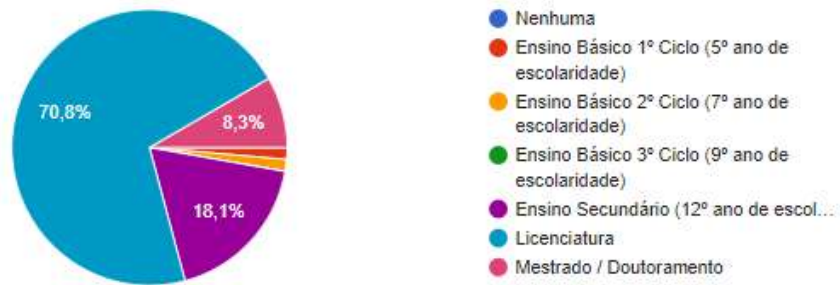


FIGURA F.3: Formação/Habilitações Literárias

1. Já desempenhou funções de vigilância nas praias?

72 respostas

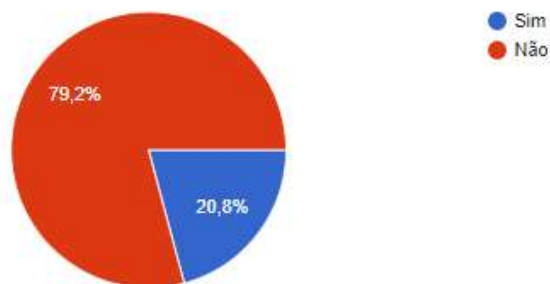


FIGURA F.4: Funções de vigilância nas praias

Secção 3 de 14

Situação profissional

1. Entidade a que se encontra ou encontrou profissionalmente ligado, para a assumir a vigilância nas praias?

15 respostas

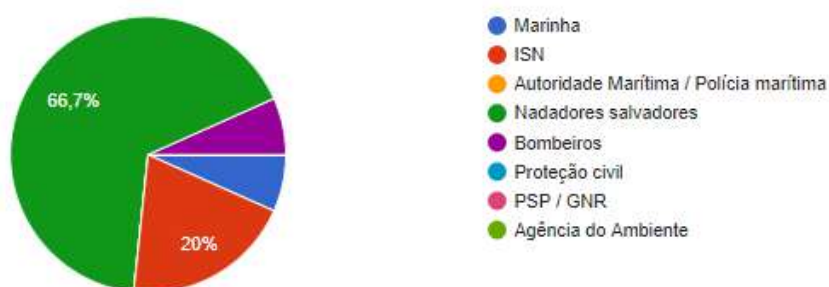


FIGURA F.5: Entidade a que se encontra ou encontrou profissionalmente ligado

Secção 4 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

1. Alguma vez presenciou incidentes marítimos?

72 respostas

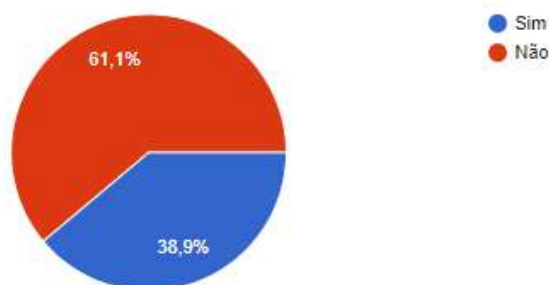


FIGURA F.6: Presenciou incidentes marítimos

Secção 5 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

1. Indique quais os tipos de incidentes marítimos que já presenciou

28 respostas

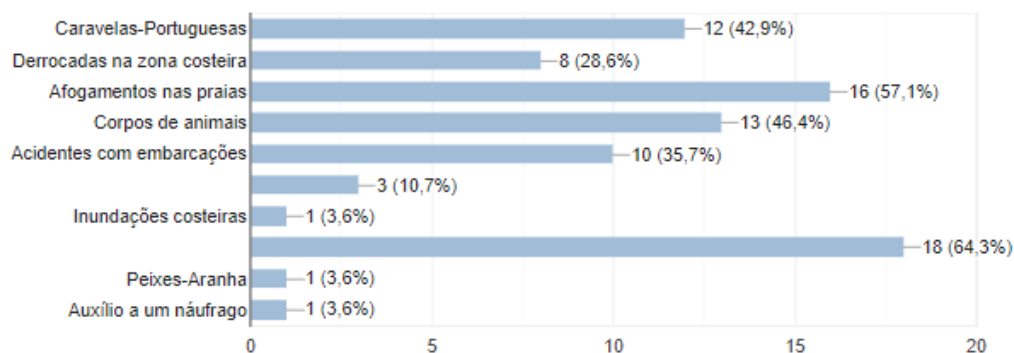


FIGURA F.7: Incidentes marítimos

Secção 6 de 14

Conhecimento de incidentes marítimos e familiaridade com aplicações móveis

1. Considera que os acidente/incidentes marítimos são frequentes nas zonas costeiras, devendo por isso ser monitorizados?

72 respostas

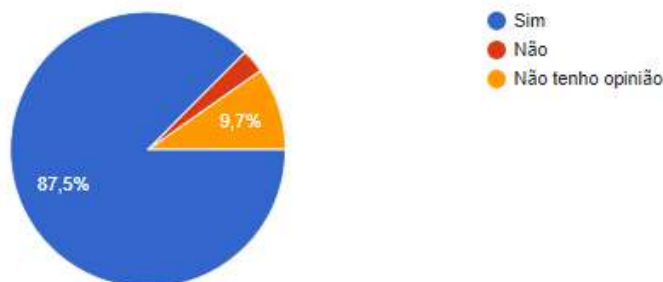


FIGURA F.8: Os Acidente/incidentes marítimos são frequentes nas zonas costeiras, devendo por isso ser monitorizados

2. Considera que os acidentes/incidentes marítimos têm impacto relevante na população costeira, devendo por isso ser monitorizados?

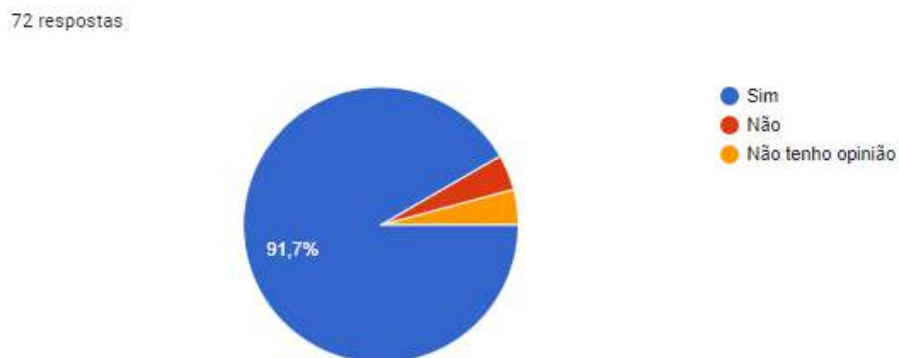


FIGURA F.9: Os Acidentes/incidentes marítimos têm impacto relevante na população costeira, devendo por isso ser monitorizados

3. Qual o seu conhecimento acerca dos meios utilizados para a monitorização ou vigilância de incidentes marítimos?

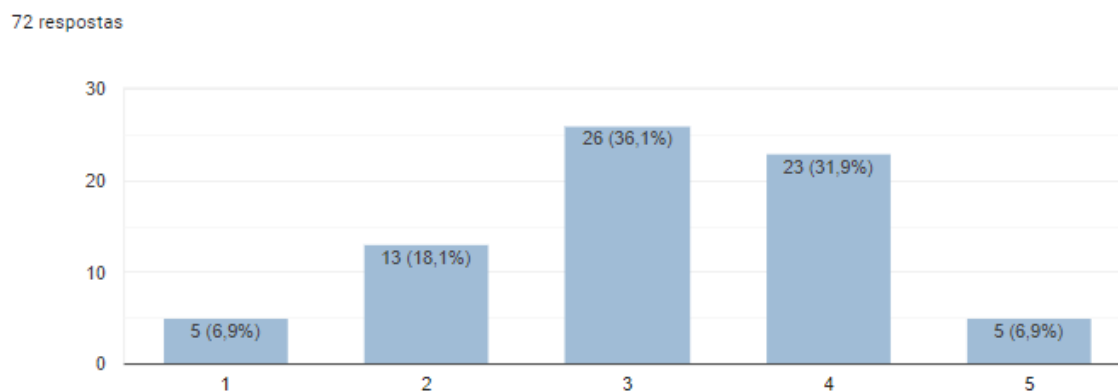


FIGURA F.10: Conhecimento acerca dos meios utilizados para a monitorização ou vigilância de incidentes marítimos

4. Mencione os meios utilizados na deteção de incidentes marítimos que conhece.

72 respostas

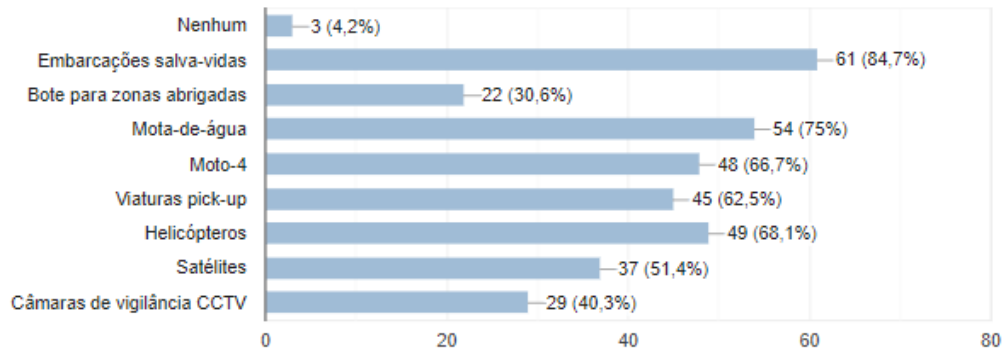


FIGURA F.11: Os meios utilizados na detecção de incidentes marítimos

5. Considera o veículo aéreo não-tripulado (drone) um meio útil na monitorização de incidentes marítimos?

72 respostas



FIGURA F.12: O veículo aéreo não-tripulado (drone) um meio útil na monitorização de incidentes marítimos

6. Tem conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias?

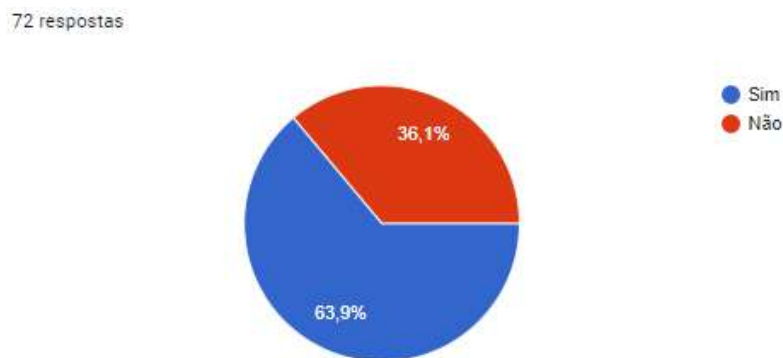


FIGURA F.13: Conhecimento de aplicações móveis que têm como fim a divulgação de informação sobre as praias

7. Tem conhecimento de aplicações móveis para controlo de drones?

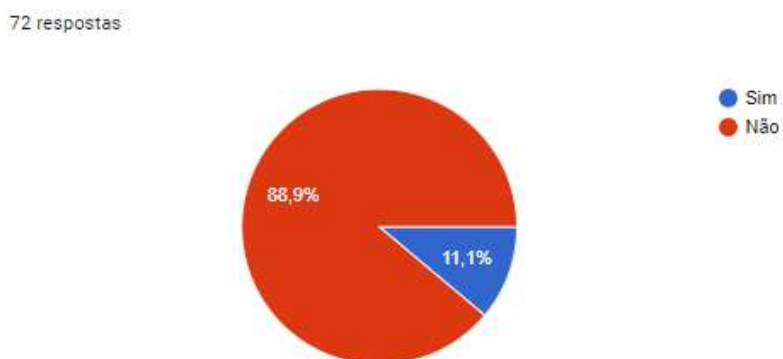


FIGURA F.14: Conhecimento de aplicações móveis para controlo de drones

8. Se na questão anterior respondeu "Sim", mencione quais as aplicações móveis que conhece.

- (a) DJI Fly
- (b) infopraia
- (c) Flight 6, tello
- (d) AR.FreeFlight 2.4.15; DJI Go 4
- (e) Desconheço o nome, mas ja me foi apresentado os programas

Secção 7 de 14

Desafio 1

72 respostas

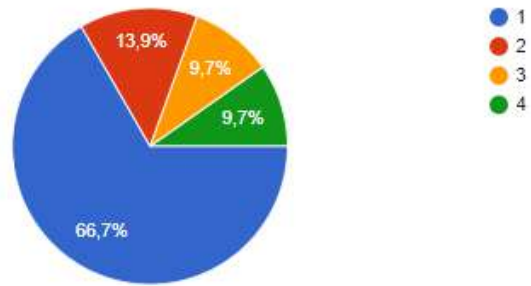


FIGURA F.15: Desafio 1

Secção 8 de 14

Desafio 2

72 respostas

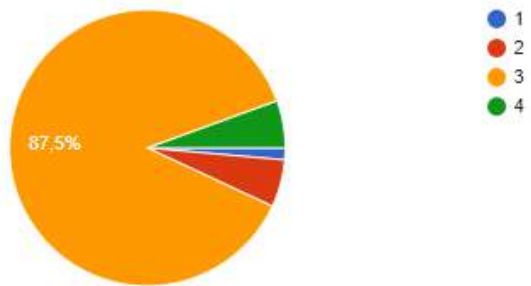


FIGURA F.16: Desafio 2

Secção 9 de 14

Desafio 3

72 respostas

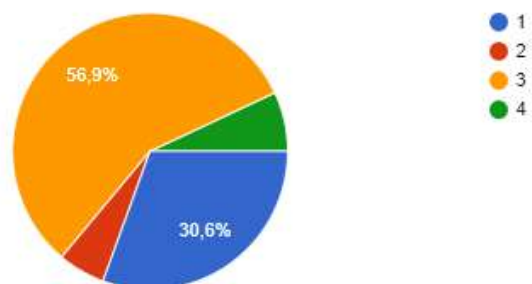


FIGURA F.17: Desafio 3

Secção 10 de 14

Desafio 4

72 respostas

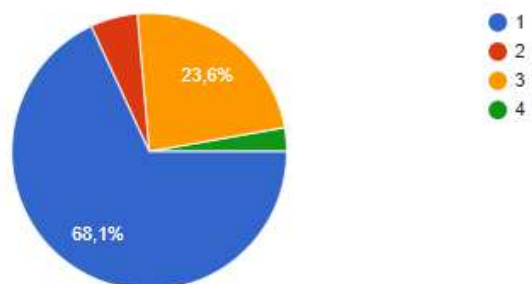


FIGURA F.18: Desafio 4

Secção 11 de 14

Desafio 5

72 respostas

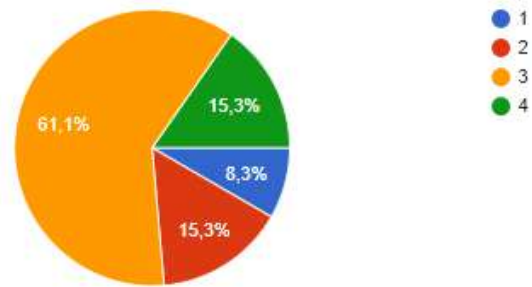


FIGURA F.19: Desafio 5

Secção 12 de 14

Desafio 6

72 respostas

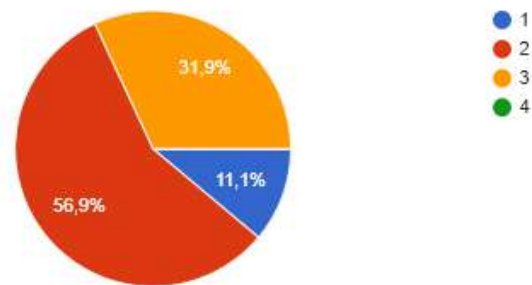


FIGURA F.20: Desafio 6

Secção 13 de 14

Avaliação das funcionalidades do protótipo da aplicação móvel

1. Considera relevante a deteção em tempo-real de incidentes marítimos?

72 respostas

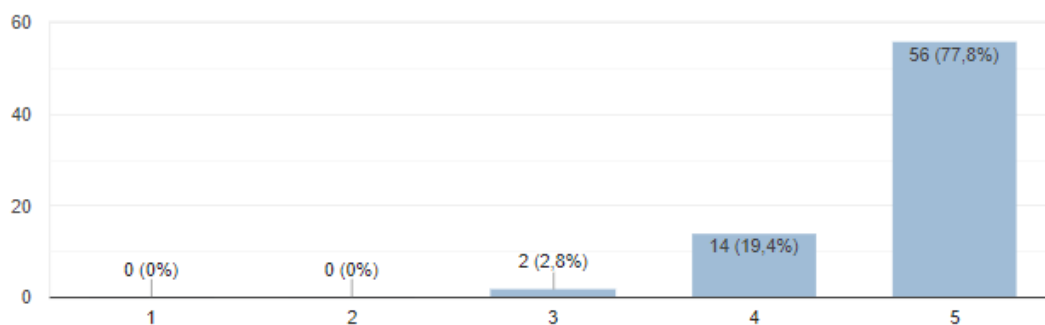


FIGURA F.21: Relevância da detecção em tempo-real de incidentes marítimos

2. Considera relevante que as autoridade marítimas conheçam, em tempo-real, o tipo de incidente marítimo ocorrido? (derrocadas, caravelas-portuguesas, hidrocarbonetos, entre outros)

72 respostas

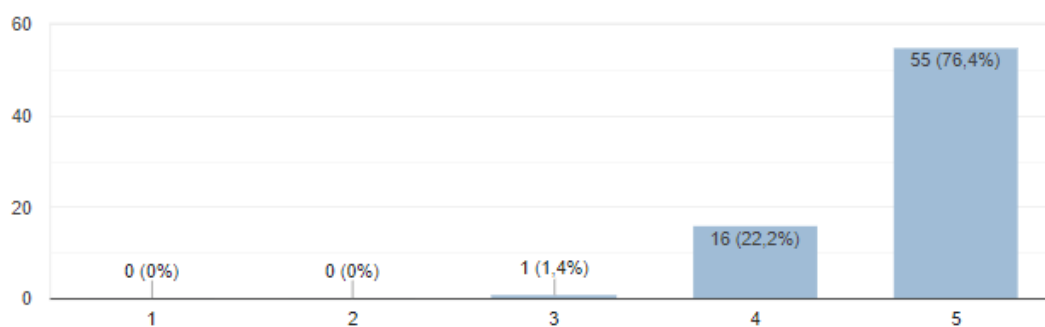


FIGURA F.22: Relevância do conhecimento em tempo real do tipo de incidente marítimo ocorrido por parte das autoridade marítimas

3. Considera importante a transmissão em tempo real, pelo drone, das imagens de um incidente marítimo?

72 respostas

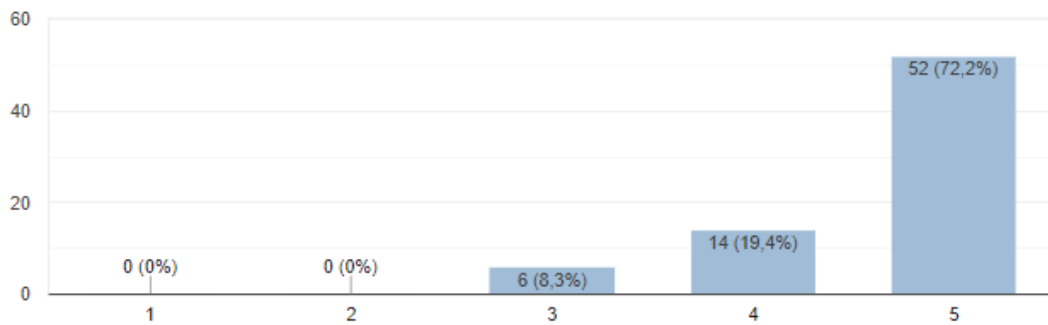


FIGURA F.23: Importância da transmissão em tempo real das imagens de um incidente marítimo através do drone

4. Considera importante o controlo do veículo aéreo não-tripulado (drone), por um utilizador em terra?

72 respostas

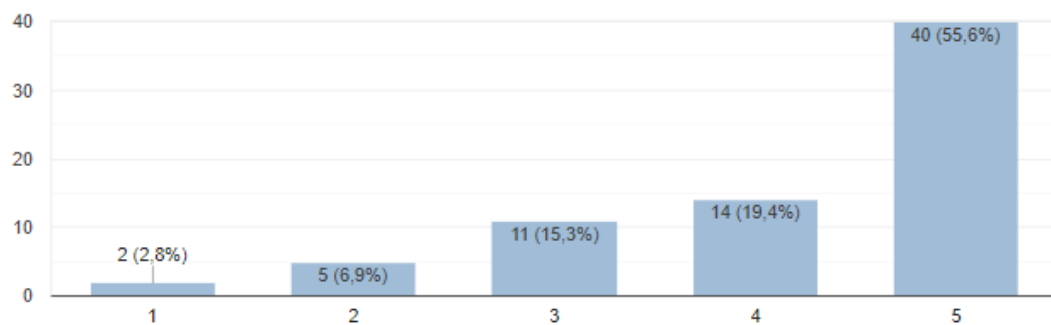


FIGURA F.24: Importância do controlo do veículo aéreo não-tripulado (drone) por um utilizador em terra

5. Considera importante a transmissão automática de alertas de incidentes marítimos?

72 respostas

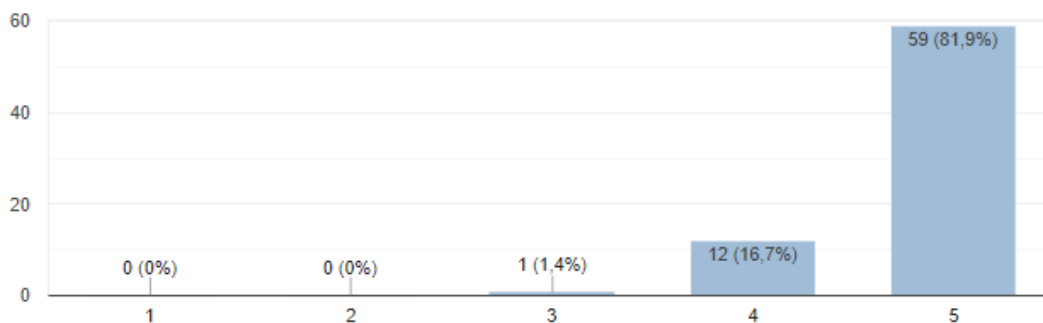


FIGURA F.25: Importância da transmissão automática de alertas de incidentes marítimos

6. Considera importante a transmissão das coordenadas do local do incidente?

72 respostas

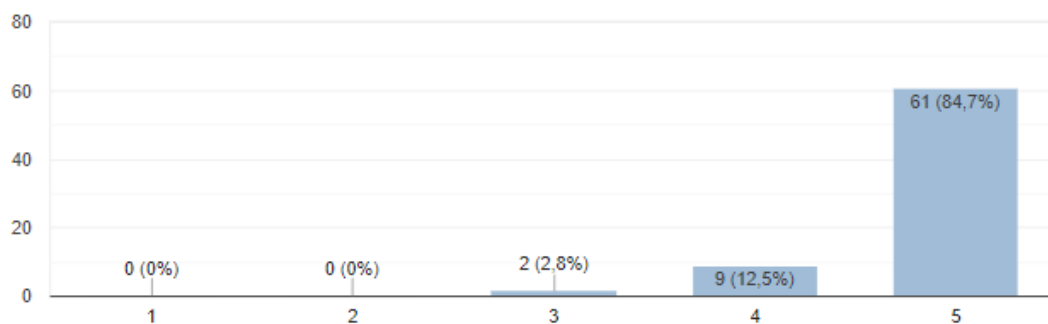


FIGURA F.26: Importância da transmissão das coordenadas do local do incidente

7. Considera importante o acesso aos registos de incidentes anteriores?

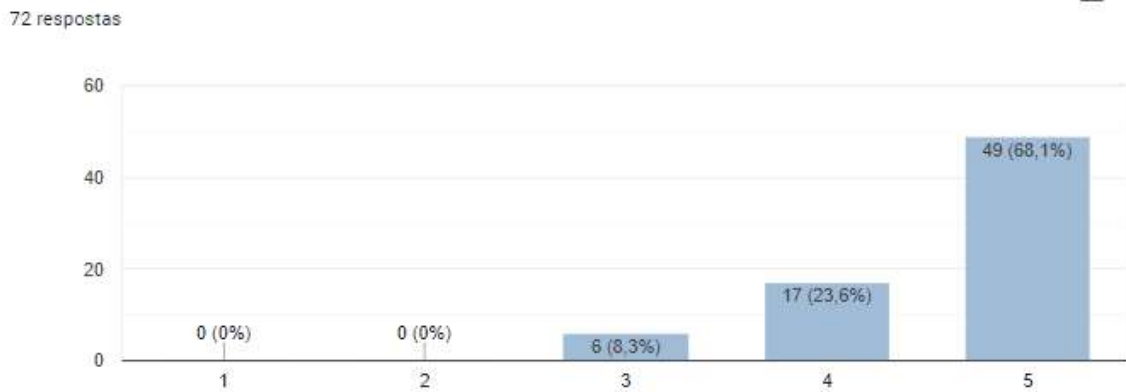


FIGURA F.27: Importância do acesso aos registos de incidentes anteriores

Secção 14 de 14

Avaliação da usabilidade do protótipo de aplicação móvel

1. Considero que utilizaria com frequência a aplicação móvel para monitorizar incidentes marítimos.

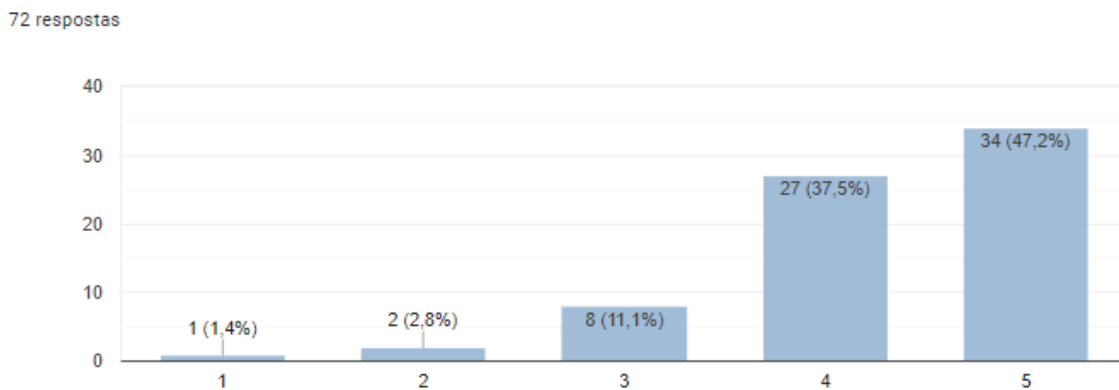


FIGURA F.28: Utilizaria com frequência a aplicação móvel para monitorizar incidentes marítimos

2. Considero o protótipo da aplicação móvel muito complexo.

72 respostas

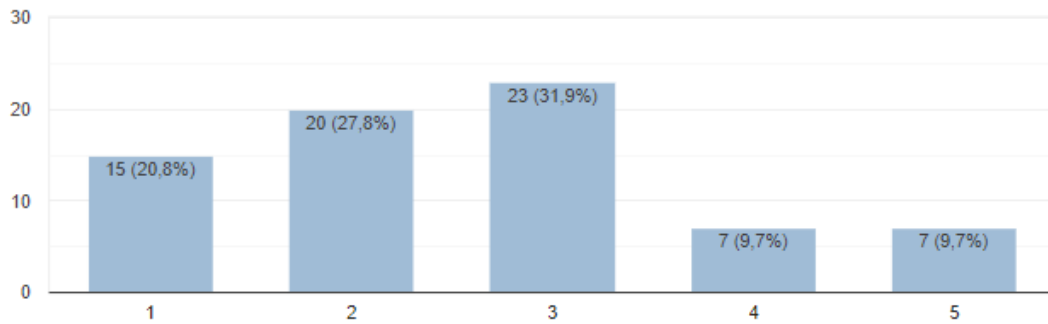


FIGURA F.29: O protótipo da aplicação móvel é muito complexo

3. Considero fácil a utilização do protótipo da aplicação móvel.

72 respostas

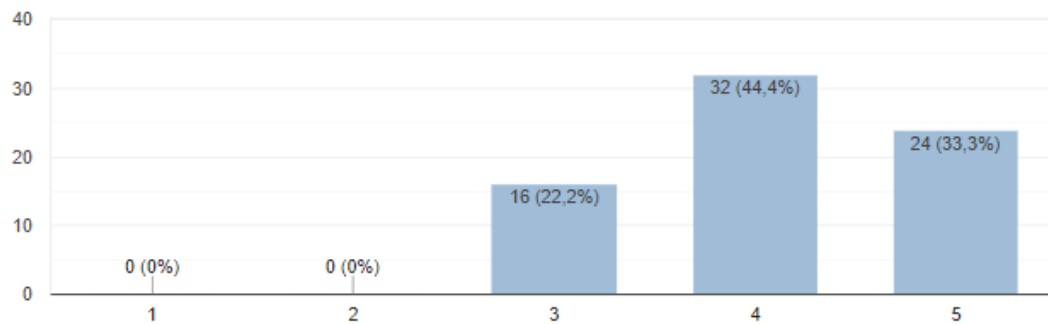


FIGURA F.30: A utilização do protótipo da aplicação móvel é fácil

4. Considero que precisaria de formação ou ajuda técnica para utilizar as funcionalidades da aplicação móvel, demonstradas pelo protótipo.

72 respostas

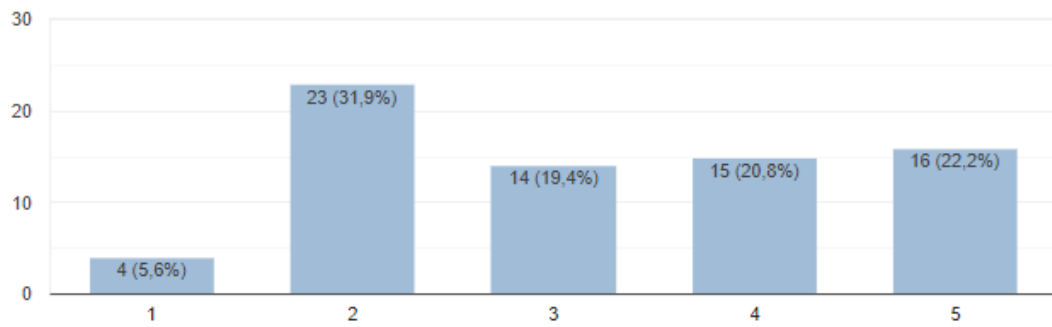


FIGURA F.31: Precisaria de formação ou ajuda técnica para utilizar as funcionalidades da aplicação móvel demonstradas pelo protótipo

5. Considero que as funcionalidades deste protótipo estão bem integradas.

72 respostas

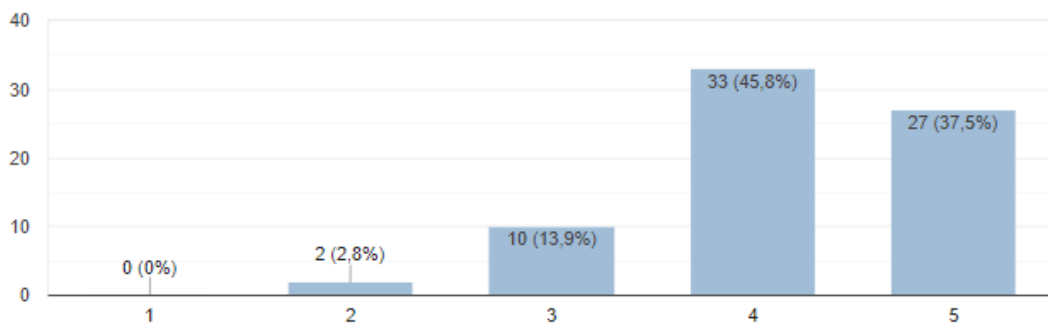


FIGURA F.32: As funcionalidades deste protótipo estão bem integradas

6. Considero que este protótipo não é consistente.

72 respostas

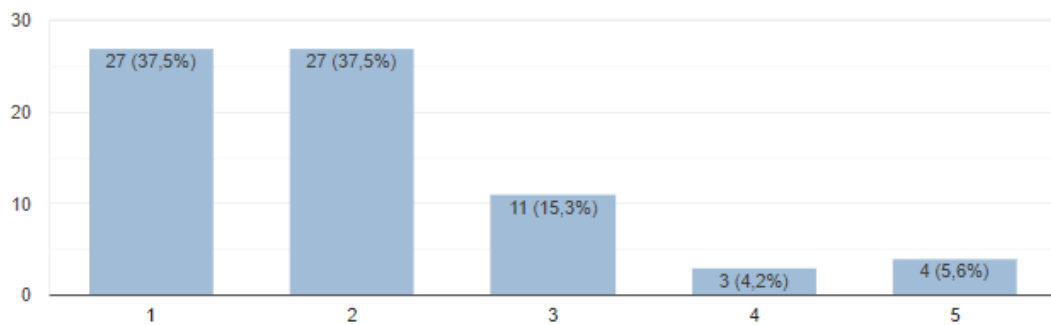


FIGURA F.33: Este protótipo não é consistente.

7. Considero que aprenderia a utilizar a aplicação móvel rapidamente.

72 respostas

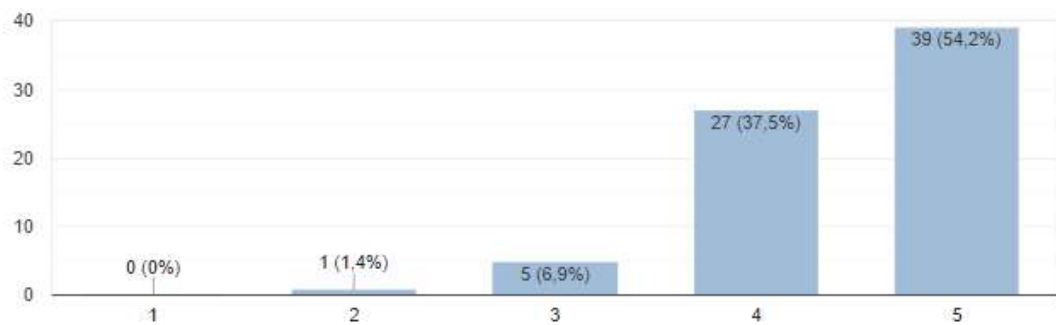


FIGURA F.34: Aprenderia a utilizar a aplicação móvel rapidamente

8. Considero o protótipo complicado de utilizar.

72 respostas

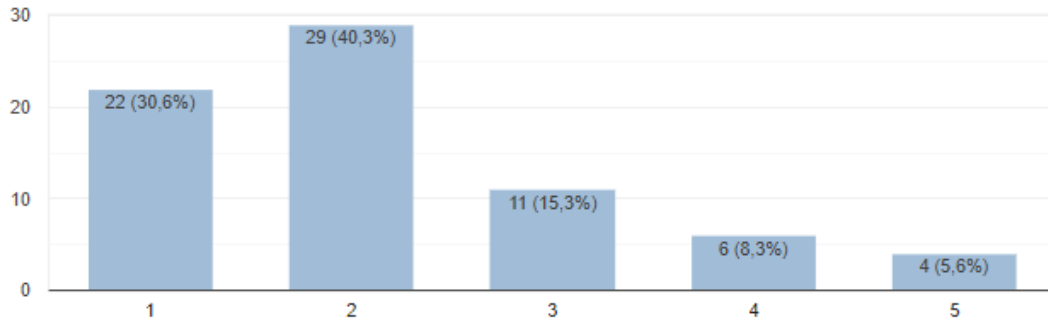


FIGURA F.35: O protótipo é complicado de utilizar

9. Considero que me sentiria confiante a utilizar a aplicação móvel.

72 respostas

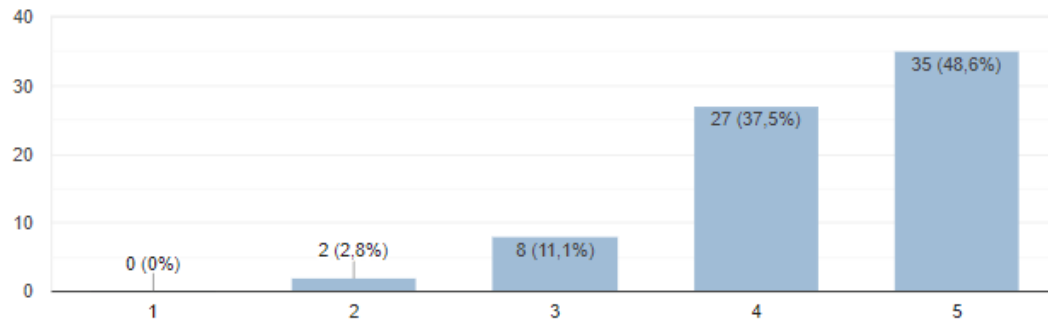


FIGURA F.36: Sentiria-me confiante a utilizar a aplicação móvel

10. Considero que precisarei de aprender novos conceitos para utilizar a aplicação móvel.

11. O que mais o agradou neste protótipo?

- Facilidade em manusear
- Facilidade de percepção
- Importação de percursos já definidos
- Simplicidade do mesmo.
- Simplicidade
- Preenche uma necessidade.
- Simplecidade, friendly-user
- Disposição do layout
- A facilidade da monitorização e de vigilância.

72 respostas

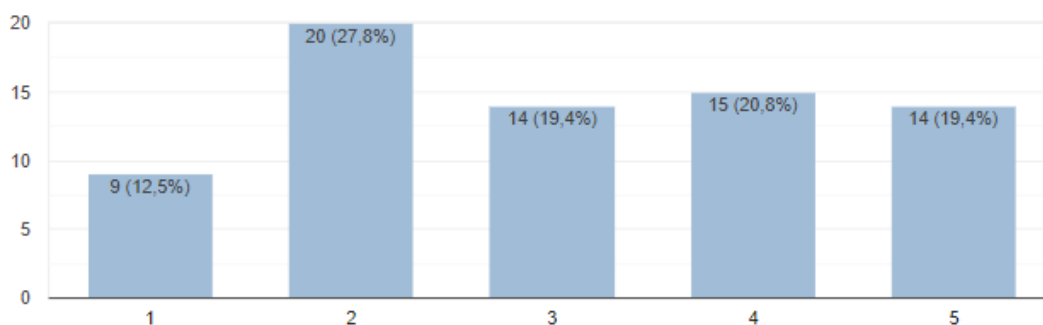


FIGURA F.37: Precisarei de aprender novos conceitos para utilizar a aplicação móvel

- Vantagens associadas
- A interatividade
- Facilidade de utilização
- Receção de informação variada e útil em tempo real.
- A deteção em tempo real e informação do utilizador
- A sua utilidade e diversidade. De facto, a utilização da UAVs para o acompanhamento de incidentes marítimos poderá provar ser uma medida útil no incremento da segurança da população costeira portuguesa.
- Simplicidade de design
- interface com utilizador atrativa e, aparentemente, de fácil utilização
- É útil para ajudar a detetar de incidentes marítimos em tempo real e para ajudar a responder rapidamente a esses mesmos acidentes.
- As rápidas e directas funcionalidades
- Tudo o que for para melhorar a detecção mais rapidamente e eficazmente possíveis incidentes no mar, é fundamental para a defesa do ambiente e consequentemente dos oceanos.
- A facilidade na sua utilização.
- A arquitectura da aplicação aparenta ser "user friendly", e o facto de o drone conseguir fazer varrimentos autónomos e planificados é uma mais valia no que toca a uma vigilância minuciosa nos diferentes tipos de morfologia costeiros.
- Utilidade e comandos intuitivos
- Simplicidade e eficácia
- A funcionalidade importantíssima que disponibiliza.

- simplicidade na utilização
- Simplicidade e facilidade do fluxo de informação e pesquisa
- Ser friendly user.
- Ser acessível , intuitivo e possuir uma boa apresentação
- O Grafismo, a usabilidade, parece ser de fácil compreensão e utilização. Intuitivo até certo ponto.
- Versatilidade
- Em tudo uma excelente idéia que com toda a certeza será uma ferramenta fundamental para o auxílio de todas as situações de perigo que possam surgir na nossa costa.Parabéns.
- A eficácia e rapidez
- Facilidade e acesso a informação em tempo real
- simplicidade

12. E o que menos lhe agradou neste protótipo?

- Nada a referir
- Nada
- Algum problema nas hiperligações
- A compactação de informação presente.
- Nada a acrescentar .
- Nada.
- Haver falta de funcionalidade de visualização de video e fotos
- Quantidade de informação
- Nada a acrescentar.
- Design gráfico Fase ainda muito embrionária. Com mais tempo poderá tornar-se mais fácil de utilizar e uma importante ferramenta para as autoridades responsáveis.
- Apresentou uma elevada complexidade em primeira vista, porém, creio que, com o auxílio demonstrado e utilização frequente da app em questão, me iria habituar às suas diversas funcionalidades rapidamente.
- Nada.
- a manipulação de um drone sem a aquisição dessa capacidade a priori
- Não é muito fácil de utilizar nas primeiras vezes, o que pode ser colmatado com prática.
- De um modo geral, agradou-me.

- Alguma falta de informação acerca dos incidentes marítimos.
- O desafio deste projecto será possivelmente a análise automática da imagem que permita classificar os vários tipos de eventos que a câmara detecta e o utilizador não.
- Nada a referir
- nada a referir.
- processamento
- Nada a apontar.
- Carece de aprendizagem, telas sobrecarregadas de informação. Depende quase de um profissional.
- Precisa de ser melhorado para ficar mais amigável ao utilizador
- Não tenho qualquer tipo de crítica negativa antes pelo contrário.
- Preparação para uso do drone
- nada a referir

13. Quais as suas sugestões para melhoria deste protótipo?

- Nada a acrescentar.
- Nada a referir
- Nada a referir
- Melhoria das hiperligações
- Melhorar a interface com o utilizador, no sentido de permitir controlar a informação que é apresentada.
- Nada a acrescentar .
- Desenvolver funcionalidade para carregamento de vídeo, fotos e streaming. Haver funcionalidade para registo da redução de hidrocarbonetos ou aumento.
- Apostar no design para a utilização ser mais chamativa
- Interface mais "user friendly". No entanto, sendo um protótipo, está muito bem desenvolvido.
- Não acho necessário haver transmissão de imagens em tempo real, visto que ocupa muito espaço e torna muito mais complicado. Desde que exista deteção e captura de poucas imagens é suficiente.
- Nada a referir.
- Para ser mais rápido que um telefonema para as autoridades competentes, talvez a utilização devesse ser simples, com menos opções.

- Não tenho sugestões.
- Apresentação de mais informação sobre os diversos incidentes ocorridos.
- Para um cumprimento eficaz do objectivo proposto, será necessário fazer um estudo complementar do tipo de sensores a equipar no drone que poderão ajudar a tarefa. Existe do mesmo modo uma informação que considero fundamental quando se efectua voos com drones que será a "autonomia", uma vez que existe a informação do "tempo total do voo", seria proveitoso a informação do "tempo restante" até para a elaboração do planeamento de voo.
- Nenhuma
- Design gráfico da aplicação
- nada a referir.
- processamento de dados
- O menu inicial poderia ter outros ícones mais úteis em substituição de alguns
- Certamente, desmultiplicação de telas, criação de botão de sos para esclarecimento. O ideal seria trabalhar com dois ecrãs.
- Precisa de ser melhorado para ficar mais amigo do utilizador
- A minha modesta opinião é que o protótipo tenha uma boa capacidade de vigilância.
- Maior eficiência no uso e controlo do drone
- nível da bateria do UAV

Apêndice G - Artigo AHFE

Automatic classification of incidents in coastal zones

Anacleto Correia¹, Mário Simões-Marques¹, Rafael Graça¹

¹ CINA V – Portuguese Navy, Alfeite, 2810-001 Almada, Portugal
anacleto.correia@gmail.com, mj.simoes.marques@gmail.com, roque.graca@marinha.pt

Abstract. The increase of seasonal population on coastal areas, in certain periods of the year, as well as the diversity of events to be monitored by the authorities, raise the likelihood of marine incidents. These occurrences can have a diverse nature and severity amenable to ban the access to the beaches. This work describes the development of a low-cost system based on UAV for real time detection, recognition, and classification of several types of incidents in the coastal area and inland waters in an efficient manner. The system provides, to maritime authorities, a faster and more effective capacity for intervention in controlling maritime incidents, contributing to greater protection of public health and safety of the populations and the activities developed ashore. The system implemented a machine learning algorithm and a mobile app that help human operators monitoring maritime incidents. The development of the system was based on usability principles in order to tailor the system's graphical interface to the first responder's users (e.g. lifeguards, coastguard officers).

Keywords: Maritime Incidents · Human-systems Integration · User Centered Design · Machine Learning

1 Introduction

Littoral countries, such as Portugal, are responsible for the supervision of large marine areas, usually crossed by recreational and commercial routes. On those countries' coastlines, there are, usually, several agencies and civil society actors involved in relevant economic and social activities (e.g. fishing, nautical activities, bathing). The increase of seasonal population on coastal areas, in certain periods of the year, as well as the diversity of events to be monitored by the authorities, raise the likelihood of maritime incidents.

The occurrences faced by maritime population can have a diverse nature and severity amenable, for instance, to ban the access to the beaches. Some examples of those incidents are the fuel or oil spillage, polluting discharges, plastics and waste, animal corpses (e.g. dolphins, whales), cliffs' landslides, drownings, boat accidents, and other threats to bathers, such as toxic algae blooms, jellyfish and Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*). Monitoring some of these events, such as the case of marine pollution, is currently carried out with systems supported by assets such as satellites and Unmanned Air Vehicles (UAV). These systems have sensors for detecting spills (pollution stains), which can assist maritime authorities decision-making regarding the triggering of

contingency plans. However, despite technically advanced those high-cost solutions are still prone to errors (e.g. in the distinction between pollution stains and stains caused by weather conditions or environmental phenomena) and delays in occurrences' detection.

Therefore, maritime authorities sought the development of a low-cost system for real time detection, recognition, and classification of several types of incidents, through commercial UAV, in an efficient manner in the coastal area and inland waters. The system should provide a faster and more effective capacity for intervention in controlling marine incidents, contributing to greater protection of public health and safety of the populations and the activities developed ashore.

This work, following the present Introduction, is organized as follow: section 2 offers an overview of the problem and the motivation to solve it; section 3 reviews remote sensing and detection methods amenable of being used by the proposed monitoring system; the architecture of the proposed solution is described in Section 4; finally, the conclusions of this study and recommendations for future work are presented.

2 Background

Maritime authorities are responsible for ensuring the safety in harbors and bathing areas. Their activities include procedures related to safety and support to bathers on sea and river beaches. In addition to direct assistance of bathers, maritime authorities have to implement surveillance and police measures in bathing areas, as well as measures for protection and preservation of the marine environment, and respond to marine incidents of several types. Some of the common threats that authorities have to tackle and the level of risk to bathers are described in the following paragraphs.

One of this type of marine incident is the arising of Portuguese man o' war - also known as the floating terror (Fig. 1). These sea creatures have a powerful sting that, on some occasions, can kill. Unable to move independently, the creature floats on the surface and is propelled by a balloon-like 'sail.' Its tentacles can be more than 30 meters long and they deliver a painful sting causing whip-like red welts on human skin [1].

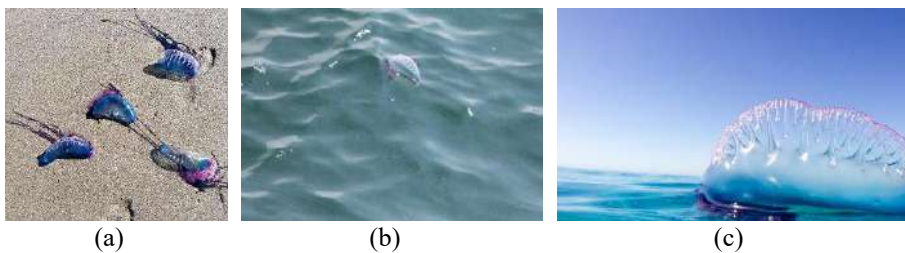


Fig. 1. Portuguese Man of War from several perspectives: (a) on sands of a beach, and floating near the shore [1], (b) seen from top [2] and (c) from side [3].

Another kind of incident, which occurs in coastlines with a cliff morphology, is their collapse (Fig. 2). When the phenomenon occurs, people sunbathing or walking along a beach, may become trapped or deathly crushed under tons of a mass of rubble

and earth from the landslide. The stretches of the coastline probably crack up given the joint effects of extreme weather on cliffs, due, namely, to heavy rainfall and humidity in cold seasons, followed by periods of strong sun in hot seasons [4].



Fig. 2. Cliff collapse: (a) stones falling on bathers [5]; (b) emergency services searching the rubble [6].

Oil spills include any spill of crude or distilled oil products that can pollute the surface of the land, air, and water environments (Fig. 3). The term oil spill pollution refers to the negative polluting effects that oil spills have on the environments and living organisms, including humans, due to the environmental discharge of various organic compounds that make up crude oil and distilled oil products, the majority of which include various individual hydrocarbons. The organic compounds of hydrocarbons may affect the wildlife and humans in various ways: (1) directly, by contact with the skin (e.g. irritation an absorption), through inhalation, ingestion, emitted odors; and (2) indirectly, by consuming contaminated food, disrupting professional and/or recreational activities, decreased property values from the affected areas, aesthetically alteration of the environment, and the overall economic impact [7].

One different kind of incident on rivers and sea is the emergence of plastics and waste, where it may cause harmful effects, such as damage to living resources and risks to human health, obstacle to marine activities, including fishing and other legitimate uses of the sea or rivers, and impacts on the quality of water, with regard to its use and deterioration of recreational sites. The effects on aquatic wildlife can be entanglement, death from ingestion, and transport of invasive species [8].

The Portuguese maritime authorities patrol the coastline periodically to detect incidents, such as the ones mentioned above, using terrestrial means and visual aids. The present work aims to deliver a new approach for monitoring the coastline, through specially tailored low-cost drones, in order to detect in advance imminent incidents or, at least, as early as feasible the occurrence of incidents (e.g. eroding of unstable cliffs, seaborne spill of fuel oil, danger creatures approaching bathing areas), triggering alerts and activating the emergency services to minimize the harmful consequences of such events.

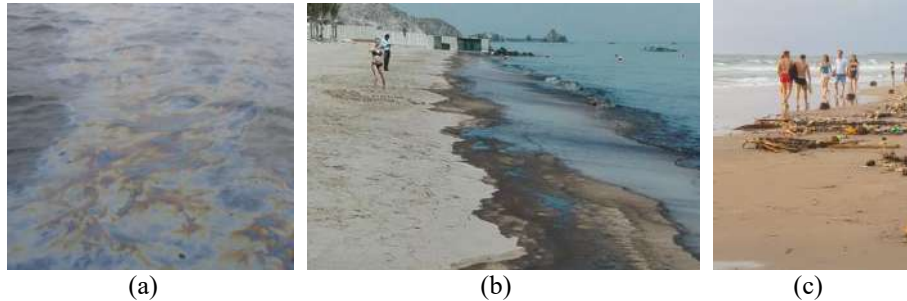


Fig. 3. Pollution evidence: (a) patches of sheen from a spill of fuel oil [9]; (b) crude slicks dragged to the beach [10]; and (c) waterborne plastics and waste [11].

3 Literature Review

Remote sensing has been the dominant source of geospatial information for detecting and monitoring coastline changes over time, of which the most common techniques include satellite imagery, aerial photography, airborne Light Detection And Ranging (LiDAR), terrestrial LiDAR, and UAV photogrammetry [12]. UAV-based remote sensing techniques, as well as the UAV LiDAR techniques also demonstrated great potential for monitoring rapid shoreline changes [12].

Improvements in small-scale technology have enabled the use of UAVs as an alternative remote sensing platform offering a distinctive combination of very high-resolution data capture at a significantly lower survey cost. Current research into the use of UAVs as a 3D data-capture platform includes, for instance, archaeological surveys [14], precision agriculture [15], oil spills [16], and vegetation monitoring [17–19]. These studies use image matching and photogrammetric techniques, which allow high density point clouds to be generated from the very high-resolution imagery collected by UAVs [20]. For marine debris, LiDAR technique was also proposed for the semi-automatic recognition on a beach because of its substantially more efficient role in comparison with other more laborious methods. The results revealed that LiDAR can be used for the classification of marine debris into plastic, paper, cloth and metal [21].

LiDAR data were used to verify that fine spatial scale data can provide information about wildlife not readily captured by either field work or coarser spatial scale sources. The variables extracted from the LiDAR data can successfully model activities of wildlife species using morphological beach characteristics, highlight beach changes over time and their correlations with mentioned activities. Comparisons between the LiDAR dataset and other Digital Elevation Models (DEMs) confirmed that fine spatial scale data sources provide more information than those with coarser spatial scales. The underlying principles of made research seems to be applicable for several wildlife species [22].

Given the wide range of application of LiDAR techniques for detecting the kind of incidents described in section 2, UAV LiDAR technology was chosen for data collection and detection of marine incidents.

4 Proposed solution

The architecture of the solution for detecting marine incidents is to be implemented in two layers. The first one in the UAV, through a Deep Learning Convolutional Neural Network (CNN) [23] for the capture and processing of images collected by the UAV's LiDAR sensor (Fig. 4). The output of the deep learning CNN is the likelihood of each type of incident for the image captured by the drone. The CNN algorithm is to be trained using a database with almost one thousand images for each incident. About one hundred images are used to validate the model. The deep learning framework used for training the model was Keras with Tensorflow backend.

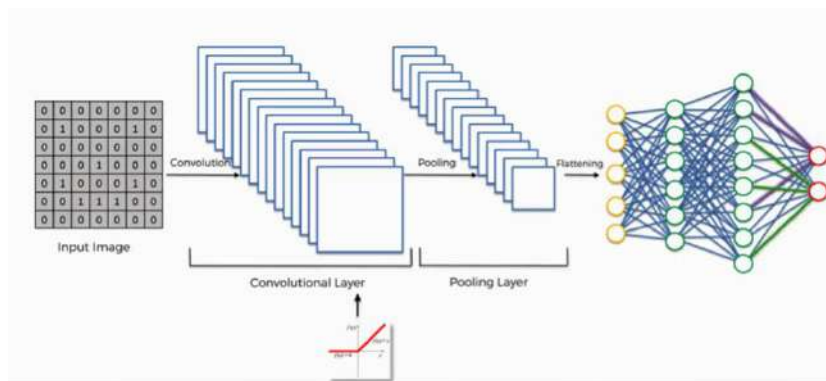


Fig. 4. Flow of the Convolutional Neural Network [24]

The second layer of the solution is implemented as a mobile application installed on a tablet operated by a maritime officer. Through the mobile device it is possible for the user to define the UAV flight plan by setting waypoints. A communication data link allows the UAV to send alerts for the several types of incidents the CNN is trained for. After receiving the data from the UAV regarding the incidents the user can access its location on the map, and visualize the images that triggered the alert.

The user interfaces design for the mobile app are being studied using mockups built with NinjaMock [25]. The solution's interface content and layout is to be refined and improved following a User Centered Design approach, namely applying usability tests which will be assessed using methods such as the System Usability Scale (SUS) [26].

5 Conclusions

The paper describes the solution envisioned to support maritime authorities on monitoring and detecting maritime incidents, which is currently being developed by the authors. Maritime incidents may be of several types and natures, and their detection and classification places challenges to the authorities. The work here presented contributes to the detection of such incidents, adopting a two-tier system. The first layer of the system is based on UAVs carrying out a LiDAR sensor, which data is processed by a

Convolutional Neural Network algorithm. The second layer is based on mobile devices whose app alert the first responder users about the potential or real incidents, allowing their validation through the access to the data and images collected by the UAV. The system places several challenges, namely regarding the usability of the human-machine interactions, which will be addressed using well known principles and methods of User Centered Design.

Acknowledgments. The work was funded by the Portuguese Navy.

References

1. Space Coast Daily: Brevard County Ocean Rescue Issues Portuguese Man-of-War, Sea Dragons Warning, <https://spacecoastdaily.com/2018/02/brevard-county-ocean-rescue-issues-portuguese-man-of-war-sea-dragons-warning/>, last accessed 2020/01/02.
2. John Rao: Portuguese Man o' War and Current Displacement, <https://www.capemaywhalewatch.com/blog/?p=183>.
3. Whiteite, D.W.W.: Jell On Earth, <https://www.thesun.co.uk/news/9237685/armada-of-deadly-portuguese-man-o-war-jellyfish-with-100ft-tentacles-are-invading-spanish-beaches-popular-with-brits/>, last accessed 2020/01/02.
4. Meghan Hindley: Heavy rainfall triggers second cliff fall on East Beach West Bay in space of a week, <https://www.dorsetecho.co.uk/news/15379581.heavy-rainfall-triggers-second-cliff-fall-on-east-beach-west-bay-in-space-of-a-week/>, last accessed 2020/01/20.
5. Gilbert, G.: West Bay cliff collapse prompts large emergency response, <https://www.itv.com/news/westcountry/2016-08-16/west-bay-cliff-collapse-prompts-large-emergency-response/>, last accessed 2020/01/12.
6. Salkeld, L., Reynolds, E.: She had her whole life in front of her, <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2178202/Dorset-landslide-death-Charlotte-Blackmans-uncle-pays-tribute-fun-loving-22-year-old.html>, last accessed 2020/01/12.
7. EPC: Oil Spill Pollution, <https://www.environmentalpollutioncenters.org/oil-spill/>, last accessed 2020/01/12.
8. Sigler, M.: The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: Current situations and future solutions. *Water. Air. Soil Pollut.* (2014)
9. ITOPF: Aerial Observation of Marine Oil Spills. (2011)
10. Ruba Haza: Oil spill on Fujairah coastline affects holidaymakers, <https://www.thenational.ae/uac/environment/oil-spill-on-fujairah-coastline-affects-holidaymakers-1.45008>.
11. Jord: That Bali Beach Plastic Photo – Did It Change Anything?, <https://www.travelcontinuously.com/that-bali-beach-plastic-photo-did-it-change-anything/>, last accessed 2020/01/20.
12. Lin, Y.C., Cheng, Y.T., Zhou, T., Ravi, R., Hasheminasab, S.M., Flatt, J.E., Troy, C., Habib, A.: Evaluation of UAV LiDAR for mapping coastal environments. *Remote Sens.* (2019)
13. Barazzetti, L., Remondino, F., Scaioni, M.: Automation in 3D reconstruction: results on different kinds of close-range blocks. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* (2010)
14. Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D., Rinaudo, F.: UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: Two tests in the Piedmont region (Italy). *J. Archaeol. Sci.* (2011)
15. Mulla, D.J.: Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. (2013)

16. Fingas, M., Brown, C.: Review of oil spill remote sensing, (2014)
17. Sugiura, R., Noguchi, N., Ishii, K.: Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter. *Biosyst. Eng.* (2005)
18. Laliberte, A.S., Goforth, M.A., Steele, C.M., Rango, A.: Multispectral remote sensing from unmanned aircraft: Image processing workflows and applications for rangeland environments. *Remote Sens.* (2011)
19. Hunt, E.R., Dean Hively, W., Fujikawa, S.J., Linden, D.S., Daughtry, C.S.T., McCarty, G.W.: Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sens.* (2010)
20. Wallace, L., Lucieer, A., Watson, C., Turner, D.: Development of a UAV-LiDAR system with application to forest inventory. *Remote Sens.* (2012)
21. Ge, Z., Shi, H., Mei, X., Dai, Z., Li, D.: Semi-automatic recognition of marine debris on beaches. *Sci. Rep.* (2016)
22. Yamamoto, K.H.: Nesting in the clouds: Evaluating and predicting sea turtle nesting beach parameters from LiDAR data, (2012)
23. Zhang, Q., Zhang, M., Chen, T., Sun, Z., Ma, Y., Yu, B.: Recent advances in convolutional neural network acceleration. *Neurocomputing.* (2019)
24. Ogunyale, K.: Convolutional Neural Network on Nigerian Foods, <https://blog.usejournal.com/convolutional-neural-network-on-nigerian-foods-565493fcdd0e>, last accessed 2020/01/20.
25. NinjaMock: NinjaMock, <https://ninjamock.com/>, last accessed 2020/01/12.
26. Jeff Sauro: Measuring Usability with the System Usability Scale, <https://measuringu.com/sus/>, last accessed 2020/01/12.

