

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR
2021/2022, 2.ª EDIÇÃO**



TII

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS NÃO TRIPULADOS NO APOIO ÀS
OPERAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO MARÍTIMO EM REGIÕES
COSTEIRAS**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

António Carlos Gonçalves Tavares

1TEN M



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS NÃO TRIPULADOS NO
APOIO ÀS OPERAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO
MARÍTIMO EM REGIÕES COSTEIRAS**

1TEN M António Carlos Gonçalves Tavares

Projeto de Investigação do CPOS-M 2021/2022 – 2.^a Edição

Pedrouços 2022



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS NÃO TRIPULADOS NO
APOIO ÀS OPERAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO
MARÍTIMO EM REGIÕES COSTEIRAS**

1TEN M António Carlos Gonçalves Tavares

Projeto de Investigação do CPOS-M 2021/2022 – 2.^a Edição

Orientador: CTEN M Sofia Vitoriano Saldanha Junceiro

Pedrouços 2022



Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, **António Carlos Gonçalves Tavares**, declaro por minha honra que o documento intitulado “**Utilização de Sistemas Não Tripulados no apoio às Operações de Busca e Salvamento Marítimo em Regiões Costeiras**” corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do **Curso de Promoção a Oficial Superior 2021/2022, 2.ª Edição** no Instituto Universitário Militar, e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, 07 de julho de 2022

António Carlos Gonçalves Tavares

1TEN M



Agradecimentos

Este trabalho de investigação individual não teria sido possível sem o apoio de diversas pessoas, às quais gostaria de expressar todo o meu respeito e gratidão. Primeiro, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento para com a minha orientadora, a Capitão-tenente Saldanha Junceiro, pela sua constante disponibilidade e valiosas sugestões que me auxiliaram a encontrar o caminho a percorrer.

Seguidamente, gostaria de expressar a minha gratidão para com todos os que se disponibilizaram para serem entrevistados, ou garantiram a disponibilização de valiosos dados, sem os quais este trabalho não teria sido possível de desenvolver, nomeadamente: ao Capitão-de-mar-e-guerra Gonçalves Simões, ao Capitão-de-fragata EHO Santos Fernandes, ao Capitão-tenente Alves Teixeira, ao Capitão-tenente STMEC Pinto Guimarães, ao Primeiro-tenente Basílio Valente e ao Segundo-tenente EN-MEC Castro Fernandes.

Gostaria ainda de referir que o Curso de Promoção a Oficial Superior é uma etapa curta, mas intensa e desafiante, como tal gostaria de agradecer aos meus camaradas, auditores desta edição, que através de um forte espírito de camaradagem melhoraram extraordinariamente esta experiência.

Por último, gostaria de agradecer à minha família. Aos meus pais e avós, agradeço por estarem sempre presentes, e sempre dispostos para me apoiar. À minha esposa Carla, o meu sincero obrigado, por mais uma vez me apoiares noutra desafio, particularmente agora que a família aumentou, e que os descansos noturnos passaram a ser classificados como “pequenas sextas”. E para terminar, agradeço-te minha filha Victória. Contas ainda com apenas sete meses de existência, ainda não conheces expressões ou vocabulário, e muito menos a expressão agradecer. Ainda assim, em muito te agradeço por cada sorriso teu e cada esboço de felicidade, que me dão alento e me enchem de energia para encarar cada obstáculo.

A todos vós, o meu sincero obrigado!



Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Enquadramento teórico e concetual | 5 |
| 2.1 Revisão de literatura | 5 |
| 2.1.1 Sistemas não tripulados | 5 |
| 2.1.2 Busca e salvamento marítimo | 7 |
| 2.1.3 Projetos para apoio ao SAR marítimo em desenvolvimento na Marinha .. | 8 |
| 2.2 Modelo de análise | 9 |
| 3. Metodologia | 10 |
| 3.1 Metodologia | 10 |
| 3.2 Método | 10 |
| 3.2.1 Participantes e procedimento | 10 |
| 3.2.2 Instrumentos de recolha de dados | 11 |
| 3.2.3 Técnicas de tratamento de dados | 12 |
| 4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados | 13 |
| 4.1 Os SNT da Marinha e da Força Aérea | 13 |
| 4.1.1 Marinha | 13 |
| 4.1.2 Força Aérea | 16 |
| 4.1.3 Síntese conclusiva e resposta à QD1 | 17 |
| 4.2 Os SNT desenvolvidos para SAR Marítimo na Europa | 17 |
| 4.2.1 Projeto ICARUS | 18 |
| 4.2.2 Demonstrações realizadas no âmbito do apoio ao SAR Marítimo | 19 |
| 4.2.3 Síntese conclusiva e resposta à QD2 | 20 |
| 4.3 Eventos SAR na SRR Lisboa | 21 |
| 4.3.1 Distribuição espacial e temporal dos registos SAR | 21 |
| 4.3.2 Condições meteorológicas e oceanográficas durante os eventos SAR .. | 26 |
| 4.3.3 Síntese conclusiva e resposta à QD3 | 28 |
| 4.4 Projetos em desenvolvimento na Marinha para apoio ao SAR marítimo costeiro .. | 29 |
| 4.4.1 A rede de radares costeiros de alta-frequência do IH | 29 |



| | | |
|-------|---|----|
| 4.4.2 | Desenvolvimento de um novo produto de deriva | 30 |
| 4.4.3 | Síntese conclusiva e resposta à QD4..... | 32 |
| 4.5 | Emprego de SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental – Resposta à QC | 33 |
| 5. | Conclusões | 36 |
| | Referências bibliográficas | 39 |

Índice de Apêndices

| | |
|---|---------|
| Apêndice A – Modelo de análise..... | Apd A-1 |
| Apêndice B – Guiões das entrevistas | Apd B-1 |
| Apêndice C – Sucessão de eventos nas demonstrações SAR do projeto ICARUS... Apd C-1 | |

Índice de Figuras

| | |
|---|---------|
| Figura 1 – Densidade de navegação próxima da costa portuguesa em 2020 | 1 |
| Figura 2 – Classes de USS..... | 6 |
| Figura 3 – As SRR de responsabilidade nacional..... | 8 |
| Figura 4 – Eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa entre 2013 e 2021 | 21 |
| Figura 5 – Mapa de calor de eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa..... | 22 |
| Figura 6 – Histograma da distância à costa dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa ... | 23 |
| Figura 7 – <i>Boxplots</i> sazonais da distância à costa dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa..... | 24 |
| Figura 8 – Mapas de calor sazonais dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa..... | 25 |
| Figura 9 – Velocidade do vento durante os eventos de SAR marítimo..... | 26 |
| Figura 10 – Ondulação (altura significativa) durante os eventos de SAR marítimo | 27 |
| Figura 11 – Precipitação durante os eventos de SAR marítimo | 28 |
| Figura 12 – Mapa de cobertura temporal (2013 a 2018) dos RHF da região ocidental da Península Ibérica..... | 30 |
| Figura 13 – Mapa com derivas reais (tracejado), simuladas com falhas de cobertura (vermelho) e simuladas com aplicação da técnica OMA (verde) | 32 |
| Figura 14 – Comparação dos UAS de asa rotativa..... | 33 |
| Figura 15 – Comparação dos UAS de asa fixa..... | 34 |
| Figura 16 – Detecção de naufragos pelo UAS, através de câmara térmica..... | Apd C-1 |



Figura 17 – Detecção de náufragos pelo USS, através de câmara térmica. Apd C-2

Índice de Quadros

| | |
|--|---------|
| Quadro 1 – Classes de UAS | 6 |
| Quadro 2 – Relação de participantes | 11 |
| Quadro 3 – Características dos UAS da Marinha..... | 14 |
| Quadro 4 – Características dos UAS da FA | 16 |
| Quadro 5 – Características dos UAS desenvolvidos pelo projeto ICARUS | 18 |
| Quadro 6 – Características dos USS desenvolvidos pelo projeto ICARUS | 19 |
| Quadro 7 – Localização e características das estações RHF do IH..... | 29 |
| Quadro 8 – Percentagem de casos passíveis de serem empregues os diferentes SNT | 34 |
| Quadro 9 – Modelo de análise..... | Apd A-1 |



Resumo

Este trabalho analisou a exequibilidade de empregar sistemas não tripulados (SNT) como apoio às operações de busca e salvamento (SAR) marítimo costeiro. Primeiramente, foram caracterizados os SNT em operação na Marinha, na Força Aérea, e os desenvolvidos pelo projeto ICARUS. Seguidamente, foi realizada uma descrição estatística, geral e sazonal, dos eventos de SAR marítimo, ocorridos entre 2013 e 2021, na *Search and Rescue Region* Lisboa. Por último, foi identificado um projeto inovador, da Marinha, passível de apoiar as operações SAR costeiro.

Da análise à exequibilidade de empregar os meios estudados, relativamente aos eventos de SAR analisados, os dados sugerem que os modelos de asa fixa em uso nas Forças Armadas poderiam ter sido empregues em 94% dos casos, enquanto que o de asa rotativa em 34%. Sendo que os SNT de superfície da Marinha se encontram em fase de prova de conceito, foi analisado o U-Ranger do projeto ICARUS, cuja reduzida taxa de aplicabilidade de 33%, sugere a necessidade de analisar outras plataformas, mais robustas e resilientes. Por último, constatou-se que o projeto de edificação da rede de radares costeiros de alta-frequência, e produtos resultantes, poderá ser um forte aliado às operações SAR marítimo costeiro.

Palavras-chave: sistemas não tripulados, busca e salvamento marítimo.



Abstract

This work analysed the feasibility of employing unmanned systems (US) to support coastal maritime search and rescue (SAR) operations. Firstly, the US currently operating in the Navy and Air Force, and those developed by the ICARUS project were characterized. Afterwards, a statistical description of the maritime SAR events, that occurred between 2013 and 2021 in the Search and Rescue Region Lisbon, was carried out. Finally, an innovative project being developed by the Navy that could greatly enhance the outcome of coastal SAR operations was identified.

The data analysis suggests that the fixed-wing models currently in use by the Armed Forces could have been employed in 94% of the studied cases, and the rotary-wing model in 34%. Given that the Navy's surface US are in the proof-of-concept phase, the U-Ranger from the ICARUS project was analysed, whose low applicability rate of 33% implies that a new analysis should be performed, taking in consideration other, more resilient, platforms. Finally, it was found that the project for the edification of the coastal high-frequency radar network, and its resulting products, may be a strong asset for all coastal maritime SAR operations.

Keywords: unmanned systems, search and rescue, SAR.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

| | |
|----------|--|
| A | |
| AIS | <i>Automatic Identification System</i> |
| B | |
| BLOS | <i>Beyond line-of-sight</i> |
| C | |
| C3 | <i>Command, control and communications</i> |
| CEOV | Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados |
| CIDIFA | Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea |
| CMEMS | <i>Copernicus Marine Environment Monitoring Service</i> |
| CTO | <i>Chief Technology Officer</i> |
| E | |
| EH | Esquadilha de Helicópteros |
| EO | Eletro-ótico |
| F | |
| FA | Força Aérea |
| FFAA | Forças Armadas |
| G | |
| GCS | <i>Ground control station</i> |
| GT-VENT | Grupo de Trabalho para Veículos Não Tripulados |
| H | |
| HALE | <i>High altitude long endurance</i> |
| I | |
| I&D | Investigação e desenvolvimento |
| ICARUS | <i>Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search</i> |
| IH | Instituto Hidrográfico |
| IR | <i>Infrared</i> |
| IUM | Instituto Universitário Militar |
| L | |
| LOS | <i>Line-of-sight</i> |
| M | |
| MALE | <i>Medium altitude long endurance</i> |
| METOC | Meteorológicas e oceanográficas |
| MDN | Ministério da Defesa Nacional |
| MRCC | Centro de coordenação de busca e salvamento marítimo |
| N | |
| NATO | <i>North Atlantic Treaty Organization</i> |
| O | |
| OE | Objetivo específico |
| OG | Objetivo geral |
| P | |
| PITVANT | Projeto de investigação e tecnologia em veículos aéreos não tripulados |
| Q | |
| Q3 | Terceiro quartil |
| QC | Questão central |
| QD | Questão derivada |



R

REPMUS *Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime Unmanned Systems*

RHF Radares costeiros de alta-frequência

S

SAR Busca e salvamento

SBSM Serviço de busca e salvamento marítimo

SF Sistema de Forças

SNBSM Sistema nacional de busca e salvamento marítimo

SNT Sistemas não tripulados

SRR Região de busca e salvamento

T

TII Trabalho de investigação individual

U

UAS *Unmanned aerial system*

UE União Europeia

UGS *Unmanned ground system*

USS *Unmanned surface system*

UUS *Unmanned underwater system*

V

VTOL *Vertical take-off and landing*



1. Introdução

Conforme o preconizado no n.º 2 do artigo 98.º da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (1982), ratificada pelo Estado Português, “os Estados costeiros devem promover o estabelecimento, o funcionamento e a manutenção de um adequado e eficaz serviço de busca e salvamento para garantir a segurança marítima”. Portugal, localizado no extremo ocidental da Europa, faz fronteira com o Oceano Atlântico. Ao longo da sua extensa costa (943 km), são realizadas diversas atividades profissionais ou de lazer, tais como a pesca, transporte de passageiros, navegação de recreio e dragagens. Além disso, a costa portuguesa é cruzada em média por 75000 navios por ano (Fernandes, 2018) devido às importantes rotas marítimas provenientes e dirigidas ao Norte da Europa, conforme evidenciado pela Figura 1.



Figura 1 – Densidade de navegação próxima da costa portuguesa em 2020

Fonte: EMODnet (2022)

Esta intensa navegação ao largo de Portugal potencia a ocorrência de acidentes marítimos que necessitam de uma resposta pronta e eficaz. Através do decreto do governo n.º 32/85, de 16 de agosto, Portugal adere à Convenção Internacional sobre Busca e Salvamento (SAR¹) Marítimo, de 1979. Esta convenção, que define as regras para o estabelecimento de um sistema nacional de SAR marítimo (SNBSM), foi concretizada pelo

¹ Sigla em língua inglesa: *search and rescue*



decreto-lei n.º 15/94, de 22 de janeiro, que define a estrutura, organização e atribuições do SNBSM.

Segundo o artigo 6.º do decreto-lei n.º 15/94, “o serviço de SAR marítimo (SBSM), que funciona no âmbito da Marinha, é o serviço responsável pelas ações de SAR relativas a acidentes ocorridos com navios ou embarcações”. Fazem parte deste serviço, entre outros, os centros de coordenação de SAR marítimo (MRCC²), a quem compete a coordenação de todas as ações de SAR marítimo nas regiões de responsabilidade nacional.

São diversas as entidades que têm o dever de colaborar através da disponibilização de meios para o SBSM. No entanto, no setor das Forças Armadas (FFAA), cabe à Marinha e à Força Aérea (FA) garantir a prontidão de navios e aeronaves, respetivamente, para intervir em operações SAR sob a coordenação dos MRCC (decreto-lei n.º 15/94).

Desde 2011, com a entrada da Troika em Portugal e consequente implementação de restritivas medidas orçamentais (Madureira, 2018), que as FFAA têm sofrido uma redução progressiva no seu número de efetivos, e dificuldades acrescidas no aprontamento dos seus meios. Estas dificuldades apelam à procura de novas formas para limitar os seus impactos nas operações executadas pelas FFAA, onde se inserem as operações de SAR marítimo.

Os sistemas não tripulados (SNT), devido ao seu estado de maturação tecnológica e à progressiva redução dos custos de aquisição, têm vindo a provar a sua utilidade em diversas aplicações militares e civis (Thiels, Aho, Zietlow, & Jenkins, 2015). Estes SNT surgem assim como um possível aliado nas operações de SAR marítimo, possibilitando não só minimizar as vulnerabilidades anteriormente indicadas, mas também reduzir o tempo de resposta a eventos SAR (fator crucial à sobrevivência dos sinistrados) e maximizar a salvaguarda da vida humana, ao colocar máquinas a executar tarefas em meios altamente hostis.

Assim, e apesar de ainda ser uma área em desenvolvimento, mostra-se altamente promissora, pelo que se torna relevante analisar a sua aplicabilidade no contexto nacional de SAR marítimo, recorrendo aos SNT de que já dispomos.

Este trabalho de investigação enquadra-se, em termos científicos, na área das ciências militares designada por “técnicas e tecnologias militares”, e tem como objeto de estudo os “sistemas não tripulados”.

² Sigla em língua inglesa: *maritime rescue and coordination centre*



Por forma a garantir uma melhor definição da abrangência do estudo, este foi delimitado em três domínios, conforme proposto por Santos & Lima (2019):

- **Tempo:** delimitado ao período entre 2013 e 2021 (referente aos registos de eventos SAR disponibilizados pelo MRCC Lisboa);
- **Espaço:** delimitado à Marinha e à FA, no âmbito da sua responsabilidade em garantir a prontidão de navios e aeronaves, respetivamente, para apoiar em operações SAR sob a coordenação dos MRCC. Geograficamente, será apenas considerada a faixa marítima de 150 km de largura a contar desde a linha de costa de Portugal continental.
- **Conteúdo:** delimitado à exequibilidade de empregar SNT (aéreos e de superfície) para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental, mais concretamente durante a fase de busca. Esta investigação será baseada nas características (alcance, autonomia, velocidade, *payload*) e limitações operacionais (vento, ondulação e precipitação) das plataformas identificadas. Como tal, não serão feitas considerações relativamente a outros fatores essenciais à edificação da capacidade de SNT, tais como: propostas e custos de aquisição, treino e manutenção; requisitos legais de navegabilidade; ou requisitos de *command, control and communications* (C3) e interoperabilidade.

Com este enquadramento, esta investigação tem como objetivo geral (OG) analisar a exequibilidade de empregar SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental.

Com a finalidade de cumprir com o OG da investigação foram definidos quatro objetivos específicos (OE), materializados nas respetivas questões derivadas (QD):

- OE1** Caracterizar os SNT da Marinha e da FA.
 - QD1** Quais as características dos SNT da Marinha e da FA?
- OE2** Caracterizar SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo.
 - QD2** Quais as características de SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo?
- OE3** Caracterizar os eventos de SAR marítimo na região em estudo, em termos de distribuição espacial e condições meteorológicas e oceanográficas (METOC).
 - QD3** Quais as características dos eventos de SAR marítimo na região em estudo, em termos de distribuição espacial e condições METOC?
- OE4** Examinar outros projetos em desenvolvimento na Marinha que poderão apoiar as operações de SAR costeiro com SNT.
 - QD4** De que forma outros projetos em desenvolvimento na Marinha poderão apoiar as operações de SAR costeiro com SNT?



Tendo como base o OG, formulou-se a questão central (QC) “Qual é a exequibilidade de empregar SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental?”

Este documento, organizado em formato de artigo científico, encontra-se estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma breve introdução. O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico e concetual. No terceiro capítulo descreve-se a metodologia de investigação. O quarto capítulo apresenta os dados recolhidos e discussão dos resultados. Por último, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões, os contributos, as limitações e propostas para trabalho futuro.



2. Enquadramento teórico e concetual

Neste capítulo é apresentada não só a informação decorrente da revisão de literatura, realizada no âmbito dos conceitos estruturantes, como também o modelo de análise condutor desta investigação.

2.1 Revisão de literatura

Nesta secção é apresentada a revisão de literatura relativa aos conceitos estruturantes do presente trabalho de investigação.

2.1.1 Sistemas não tripulados

Conforme referido por Ergene (2016), o termo SNT refere-se a um largo espectro de veículos caracterizados por não terem um piloto a bordo, podendo ser operados remotamente ou autonomamente através de rotas pré-planeadas, e que estão desenhados para operar em diferentes ambientes, nomeadamente:

- Aéreo – designados por *unmanned aerial systems* (UAS);
- Marítimo, de superfície – designados por *unmanned surface systems* (USS);
- Marítimo, de subsuperfície – designados por *unmanned underwater systems* (UUS); e
- Terrestre – designados por *unmanned ground systems* (UGS).

Importa referir que apesar de ainda não existir um modelo consensual, diversas iniciativas têm tentado classificar os SNT (Szabolcsi, 2016). Estas classificações assentam essencialmente em parâmetros de dimensões e peso, exemplo disso são as classes de UAS propostas pela *North Atlantic Treaty Organization* (NATO) (Quadro 1) e de USS utilizadas pela Marinha dos Estados Unidos da América (Figura 2). As classes superiores permitem, entre outros aspetos, maiores capacidades de *payload* e de sensores, e conferem ainda uma maior robustez face às diversas condições ambientais, tais como vento, ondulação e precipitação (Matos et al., 2017; National Search and Rescue Committee, 2016).



Quadro 1 – Classes de UAS

| Classe | Categoria | Emprego | Altitude | Alcance | Exemplos |
|----------------------------|-------------------|--|-------------------|--------------------------------|---|
| Classe 3 (> 600 kg) | Ataque/ Combate | Estratégico/ Nacional | Até 65.000 pés | Ilimitado (BLOS ³) | - |
| | HALE ⁴ | Estratégico/ Nacional | Até 65.000 pés | Ilimitado (BLOS) | Global Hawk Reaper |
| | MALE ⁵ | Operacional | Até 45.000 pés | Ilimitado (BLOS) | Predator 3, Predator A, Heron, Heron TP, Hermes 900 |
| Classe 2 (150 – 600 kg) | Tático | Formação tática | Até 10.000 pés | 200 km (LOS ⁶) | Skelder, Sperwer, Iview 750, Hermes 450, Aerostar, Ranger |
| Classe 1 (< 150 kg) | Small (> 15 kg) | Unidade tática | Até 5.000 pés | 50 km (LOS) | Scan Eagle |
| | Mini (> 15 kg) | Sub-unidade tática (lançamento manual) | Até aos 3.000 pés | 25 km (LOS) | Skylard |
| | Micro (< 66 J) | Sub-unidade tática (lançamento manual) | Até aos 200 pés | 5 km (LOS) | Black Widow |

Fonte: Adaptado a partir de Szabolcsi (2016).

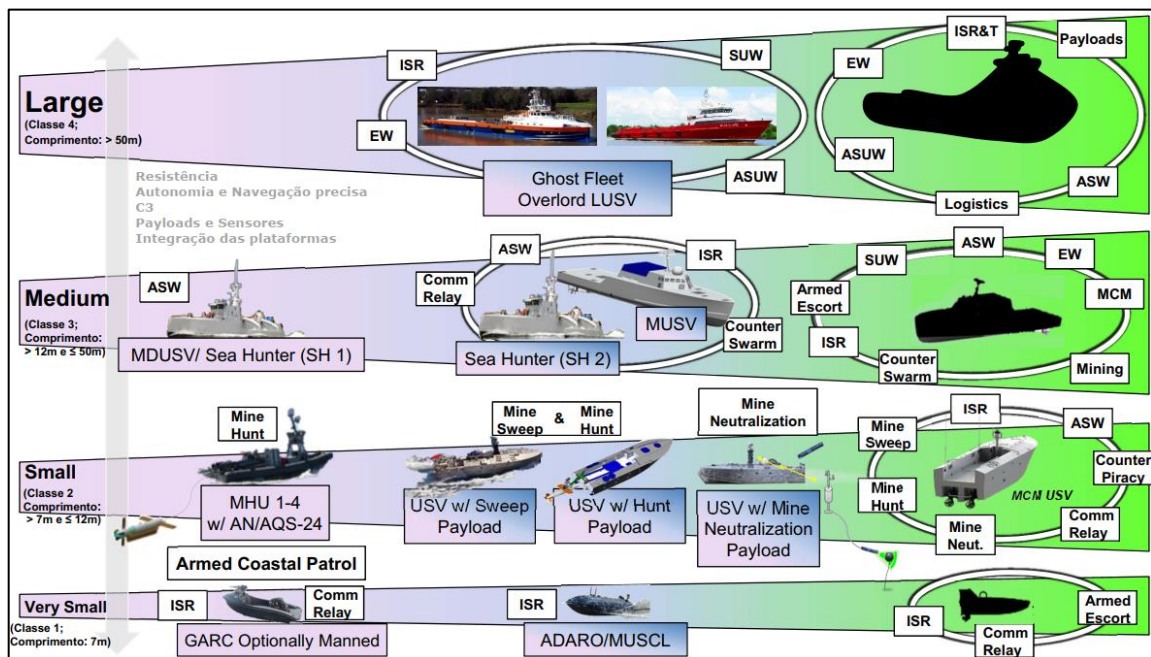


Figura 2 – Classes de USS

Fonte: Adaptado a partir de O'Rourke (2022).

³ Sigla em língua inglesa: *beyond line-of-sight*

⁴ Sigla em língua inglesa: *high altitude long endurance*

⁵ Sigla em língua inglesa: *medium altitude long endurance*

⁶ Sigla em língua inglesa: *line-of-sight*



Desde o início do milénio que se tem assistido a uma utilização generalizada de SNT (Cuaran & Leon, 2021). Estas plataformas, que inicialmente haviam sido entendidas como tecnologias de ponta para uso exclusivamente militar (Stevenson, 2018), estão agora presentes em diversas aplicações civis, tais como na agricultura (Velusamy et al., 2021), na ciência (Tovar-Sánchez, Román, Roque-Atienza, & Navarro, 2021), em levantamentos hidrográficos (Kum et al., 2020), na construção civil (Zhou, Lynch, & Zekkos, 2022), ou até na segurança pública (Jurevičius et al., 2019).

Também na área da SAR verifica-se uma acrescida aceitação na utilização de SNT por parte de investigadores e organizações. No entanto, a maioria das referências encontradas, durante a fase de análise documental, estão relacionadas com SAR em terra (seja em teatro urbano ou florestal) (Cubber et al., 2017; Grogan, Pellerin, & Gamache, 2018).

Ainda assim, a tentativa de reduzir tanto o tempo de resposta como a exposição das equipas SAR a riscos desnecessários no mar, tem levado ao investimento nesta área por diversos países e organizações. Um importante exemplo deste investimento é o projeto europeu denominado por *Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search* (ICARUS), financiado pela União Europeia (UE), no qual 24 parceiros de nove países desenvolveram diversos SNT para apoio às operações de SAR marítimo e terrestre (Lobo, 2015).

2.1.2 Busca e salvamento marítimo

As missões SAR englobam dois tipos de operações, tal como definido pelo manual IAMSAR (IMO & ICAO, 2016):

- Operações de busca, que consistem na utilização dos meios disponíveis (coordenados por um MRCC) para localizar pessoas em perigo;
- Operações de salvamento, que consistem no resgate de pessoas que se encontram numa situação de perigo, e no transporte destas para um local seguro.

Em Portugal, as operações SAR marítimo são da responsabilidade do SBSM, e enquadram-se no âmbito dos “acidentes ocorridos com navios ou embarcações” (decreto-lei n.º 15/94).



Existem duas regiões de busca e salvamento (SRR⁷) marítimo de responsabilidade nacional. Ambas as SRR, designadas por SRR Lisboa e SRR Santa Maria, estão definidas no artigo 5.º do decreto-lei n.º 15/94, cujos limites geográficos se apresentam na Figura 3.

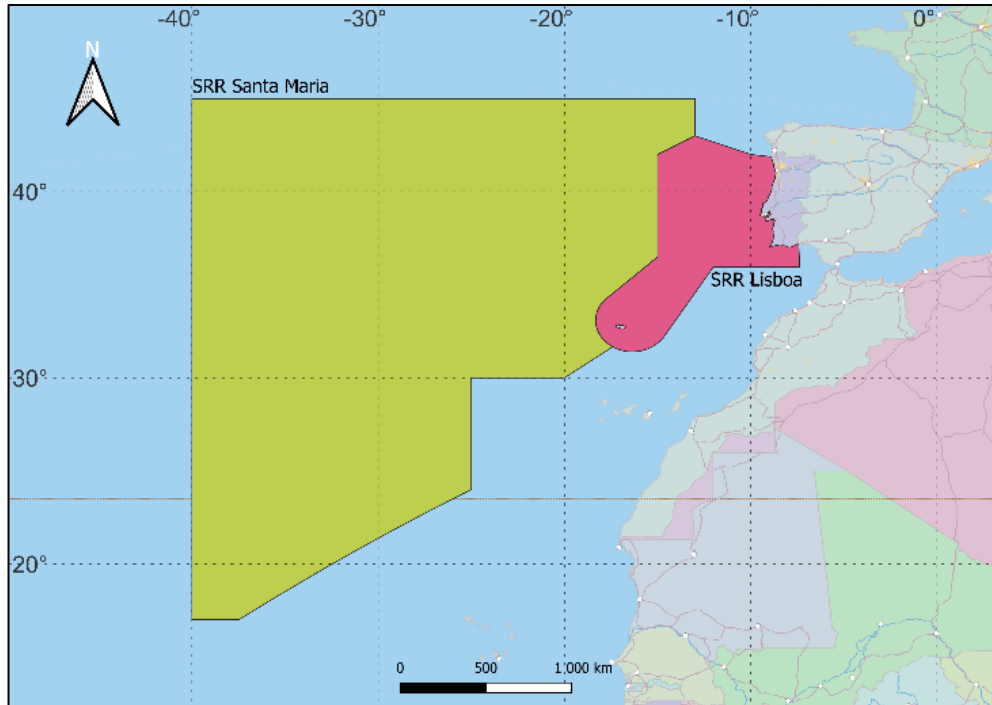


Figura 3 – As SRR de responsabilidade nacional

2.1.3 Projetos para apoio ao SAR marítimo em desenvolvimento na Marinha

O desenvolvimento de outras ferramentas ou produtos para apoiar o SAR marítimo durante a fase de deteção, torna-se particularmente relevante em regiões costeiras. Isto porque, conforme referido por Relvas et al. (2007) a camada superficial nas zonas costeiras enquadra um dos sistemas mais complexos na circulação oceânica. O mesmo autor explica ainda que esta complexidade se deve às diversas forças presentes e em constante evolução (vento, maré e diferenças de densidade) que adicionalmente interagem com a linha de costa, a batimetria e até mesmo as descargas fluviais.

Como tal, e tendo em conta que o tempo de deteção é um fator crítico para a sobrevivência das vítimas no mar (Cubber et al., 2017), em paralelo com o desenvolvimento de SNT com sensores mais eficazes, é também necessário o desenvolvimento de outros produtos capazes de apoiar os SNT durante as suas operações e por conseguinte reduzir a área/tempo de busca.

⁷ Sigla em língua inglesa: *search and rescue region*



Ciente desta necessidade, a Guarda Costeira dos Estados Unidos da América investiu, em 2000, num programa pioneiro de desenvolvimento de um produto de apoio às operações de busca, com assimilação das correntes de superfície medidas pela rede de radares costeiros de alta-frequência (RHF) existente. O resultado prático deste investimento, foi uma redução efetiva da área de busca em $2/3$, face aos métodos convencionais de cálculos de deriva forçados com previsões de vento (Harlan et al., 2010).

2.2 Modelo de análise

A presente investigação foi desenvolvida segundo o modelo de análise presente no Apêndice A.



3. Metodologia

Este capítulo descreve a metodologia e o método utilizados durante a investigação.

3.1 Metodologia

A realização deste trabalho de investigação individual (TII) baseou-se num raciocínio indutivo. Este processo indutivo resulta na criação de uma teoria baseada na generalização de inferências promovidas pelas observações (Bryman, 2012).

Como tal, as observações resultantes das respostas às questões derivadas permitiram inferir diversas características dos SNT e dos eventos SAR em Portugal. O que posteriormente, possibilitou analisar as características dos SNT necessárias no âmbito da exequibilidade de emprego destes meios, durante as operações de busca em SAR marítimo, na região costeira de Portugal continental.

Optou-se neste TII por uma estratégia de investigação, frequentemente associada a estudos indutivos e descritivos, do tipo qualitativa (Santos & Lima, 2019). Este modelo de investigação caracteriza-se pela recolha de informação a partir de diversas fontes (análise documental, observações ou entrevistas), a qual é posteriormente analisada e interpretada pelo investigador (Creswell, 2003).

Por fim, foi adotado o estudo de caso como desenho de pesquisa, visto que se enquadra na caracterização sugerida por Yin (2003), onde a QC procura responder a perguntas do tipo “qual”, o investigador tem pouco ou nenhum controlo sobre os eventos, e o estudo é focado num fenómeno contemporâneo que se enquadra em algum contexto da vida real.

3.2 Método

Neste subcapítulo são apresentados os participantes, procedimento e instrumentos de recolha de dados, bem como as respetivas técnicas utilizadas para o seu tratamento.

3.2.1 Participantes e procedimento

A seleção dos participantes para esta investigação foi realizada de forma intencional, conforme proposto por Santos & Lima (2019), por forma a garantir a participação de profissionais em exercício de funções nas áreas temáticas em estudo. Com esta premissa foram entrevistados os especialistas indicados no Quadro 2.



Quadro 2 – Relação de participantes

| Cargo | Nome | Contributo |
|--|------------------------------|--|
| Diretor do Centro de Experimentação Operacional da Marinha | CMG Gonçalves Simões | Entrevista exploratória |
| Chefe da Divisão de Oceanografia no Instituto Hidrográfico (entre 2018 e 2022) | CFR EHO Santos Fernandes | Entrevista semiestruturada e disponibilização de dados de correntes de superfície e boias derivantes |
| Chefe das operações de superfície no MRCC Lisboa | CTEN Alves Teixeira | Disponibilização de dados de eventos SAR |
| Chefe da Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados | CTEN STMEC Pinto Guimarães | Entrevista semiestruturada |
| Chefe do Serviço de Aeronaves não tripuladas na Esquadilha de Helicópteros | 1TEN Basílio Valente | Entrevista semiestruturada |
| <i>Chief Technology Officer</i> na Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados | 2TEN EN-MEC Castro Fernandes | Entrevista semiestruturada |

Em termos de procedimento, as entrevistas foram concretizadas presencialmente, através de *email* ou por videoconferência (via *Microsoft Teams*). No início de cada entrevista foi dado a conhecer tanto o objetivo geral do trabalho, como os objetivos específicos para os quais estavam a contribuir. Foi igualmente garantido o anonimato e confidencialidade das respostas, do qual todos os entrevistados abdicaram.

3.2.2 Instrumentos de recolha de dados

Esta investigação foi suportada através de três instrumentos: análise documental, entrevistas semiestruturadas e dados disponibilizados pelo MRCC Lisboa e pelo Instituto Hidrográfico (IH).

O largo espectro de documentos analisados contou sobretudo com trabalhos de investigação, dissertações de mestrado e de doutoramento, artigos científicos e livros de referência.

As entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com base nos guiões que constam no Apêndice B. Estas entrevistas permitiram não só a caracterização de conceitos essenciais, mas também o esclarecimento de dúvidas, e a recolha de novas ideias e opiniões de especialistas que, por serem recentes ou se encontrarem em análise, ainda não se encontram vertidas em documentos oficiais.

No conjunto de dados disponibilizado pelo MRCC Lisboa encontravam-se as variáveis data, hora e localização geográfica (latitude e longitude) relativas aos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa entre 2013 e 2021. Sendo que estes registos não tinham associada a informação METOC, esta foi complementada com recurso aos seguintes conjuntos de dados



disponibilizados gratuitamente pelo programa de observação da Terra da UE, designado por Copernicus:

- Dados de ondulação, nomeadamente a variável “altura significativa”, foram extraídos do *Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)* (2022a);
- Dados de vento, nomeadamente a variável “módulo da velocidade do vento”, foram extraídos do CMEMS (2022b); e
- Dados de precipitação, nomeadamente a variável “precipitação total horária”, foram extraídos do Hersbach et al. (2018).

Por último, o IH disponibilizou dois conjuntos de dados: um de correntes de superfície observadas pela rede RHF; e, outro com os registos lagrangianos referentes a duas boias derivantes do tipo iSphere. Estes dados foram selecionados por serem representativos do trabalho em curso de desenvolvimento de um novo produto de cálculo de derivas em regiões costeiras com recurso às observações realizadas com a rede RHF.

3.2.3 Técnicas de tratamento de dados

As entrevistas semiestruturadas, dados qualitativos, foram tratadas seguindo o processo de análise de conteúdo (Santos & Lima, 2019, p. 122).

Os dados quantitativos foram tratados com recurso aos *softwares* MATLAB 2021b e QGIS 3.22.5, aos quais foram aplicadas técnicas de estatística que permitiram a criação de gráficos e o cálculo de diversos parâmetros estatísticos (Illowsky & Dean, 2013).

Os conjuntos de dados do programa Copernicus são disponibilizados a uma escala global através de grelhas regulares e com uma determinada resolução temporal (entre 1 h e 6 h). Como tal, e por forma a associar as condições METOC a cada evento SAR, foi necessário desenvolver um algoritmo que executasse de forma automática a interpolação linear espaço-temporal para cada registo SAR, com base nas variáveis data, hora, latitude e longitude.

Para a análise dos dados de correntes cedidos pelo IH, foram realizadas comparações visuais das trajetórias reais de boias lançadas, com trajetórias simuladas geradas a partir dos campos vetoriais das observações RHF. Para isso, foram calculadas trajetórias simuladas com recurso ao método de análise numérica conhecido por Runge-Kutta clássico de quarta ordem, que permite a partir de sucessivas iterações encontrar soluções aproximadas de equações diferenciais ordinárias (Solabarrieta et al., 2016).



4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste capítulo são apresentados, analisados e discutidos os dados recolhidos na perspetiva de responder às QD e à QC.

4.1 Os SNT da Marinha e da Força Aérea

A capacidade das FFAA no âmbito dos SNT está prevista no Sistema de Forças (SF) desde 2014. No entanto, e apesar desta capacidade ainda se encontrar em edificação, tanto a Marinha como a FA já possuem diversos SNT.

4.1.1 Marinha

Em 2015, na sequência do despacho n.º 6/2015 do Chefe do Estado-Maior da Armada, foi criado o Grupo de Trabalho para Veículos Não Tripulados (GT-VENT). A este grupo de trabalho, constituído por elementos de diversas áreas operacionais e técnicas da Marinha e coordenado pelo Estado-Maior da Armada, compete não só definir o Conceito de Emprego Operacional dos SNT, mas também coordenar as atividades de desenvolvimento e experimentação destes meios (Dias, 2018).



Posteriormente, com a missão de desenvolver, experimentar e validar SNT, foi criada a Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados (CEOV). A CEOV tem proporcionado o desenvolvimento de diversos projetos internos, mas também externos com a academia (NotíciasUP, 2019) e a indústria nacional (Dias, 2018).

A Marinha dispõe de dois modelos produzidos pela UAVision, que resultaram de um protocolo de investigação e desenvolvimento (I&D) assinado em 2016 com o fabricante (Marinha, 2016). Estes modelos, cujas características se encontram compiladas no Quadro 3, são o Quadcopter Spyro 4N e o Ogassa OGS42V. Ambos os sistemas foram adaptados para operações no mar, e podem ser lançados em terra ou a partir de navios devido à capacidade de *vertical take-off and landing* (VTOL) (B. Valente, entrevista por videoconferência, 21 de abril de 2022).

As plataformas Spyro e Ogassa são operadas por destacamentos da Esquadrilha de Helicópteros (EH) desde 2019 e 2021, respetivamente. Já foram realizadas missões com o Spyro, sendo que a primeira se deu a bordo do NRP *Sines* durante a missão Mar Aberto em 2019. Relativamente ao Ogassa, têm sido realizados voos no âmbito da edificação da capacidade operacional ao longo da costa algarvia, em missões de vigilância e deteção marítima (B. Valente, *op. cit.*).



Quadro 3 – Características dos UAS da Marinha

| |  |  |
|--|---|---|
| Fabricante | UAVision | UAVision |
| Modelo | Spyro 4N | Ogassa OGS42V |
| Classe | 1 | 1 |
| Categoria | Mini | Small |
| Lançamento/recuperação | VTOL | VTOL |
| Propulsão | Elétrica | Modo VTOL – Elétrica Modo voo – Combustão |
| Alcance máximo (km) | 18 | 100 |
| Autonomia (horas) | 0,5 | 4 |
| Velocidade máxima (km/h) | 55 | 130 |
| Altitude máxima (pés) | 1000 | 8000 |
| Payload | Eletro-ótico (EO) Infrared (IR) | EO/IR Automatic Identification System (AIS) |
| Vento máximo (nós) | 12 | Descolar/aterrar – 15 Em voo – 30 |
| Resistência à precipitação (mm/h) | Não pode voar com chuva | 0,9 |
| Quantidade | 2 | 1 |

Fonte: Adaptado a partir de UAVision Aeronautics (2021) e B. Valente (*op. cit.*).

Em termos de visão, a EH pretende garantir a capacidade de operar os seus UAS desde pontos específicos ao longo da costa, prevendo-se inclusive a aquisição de uma *ground control station* (GCS) móvel, mas também operar desde navios da Marinha.

A utilização destes sistemas em operações SAR marítimo enquadra-se numa das tipologias de missão perspetivadas para o futuro. Apesar de ainda não terem sido realizados exercícios de SAR marítimo com os UAS da Marinha, nomeadamente no apoio à fase de busca, já se encontra prevista a participação em séries desta tipologia durante o exercício *Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime Unmanned Systems* (REPMUS) previsto para setembro de 2022 (B. Valente, *op. cit.*).

Relativamente aos sensores EO/IR que ambos os sistemas dispõem atualmente, estes são, na opinião da EH, adequados à fase de busca de uma operação SAR, tendo-se já verificado a capacidade de detetar objetos à superfície até aos 6,5 km de distância. No entanto, a empresa UAVision já disponibiliza novas versões com outras funcionalidades, nomeadamente a deteção automática de objetos à superfície, que poderá ser um fator diferenciador em operações SAR (B. Valente, *op. cit.*).

Já na vertente dos USS, a ambição da CEOV é o desenvolvimento de novas plataformas numa perspetiva de construção holística, que seguem um conceito



multipropósito, modular, multiplicador de força e de elevado endurance (P. Guimarães, entrevista por *email*, 03 de junho de 2022).

A CEOV tem trabalhado no desenvolvimento e experimentação de sistemas como provas de conceito, não procurando que a curto prazo estes sejam um substituto dos sistemas tripulados, mas sim um complemento em diversas tipologias de missões, entre elas o SAR marítimo (C. Fernandes, entrevista por *email*, 13 de maio de 2022).

Os sistemas já desenvolvidos são (C. Fernandes, *op. cit.*):

- X-2401, um catamarã solar, com 4,3 m de comprimento;
- X-2501, um trimarã solar, com 5 m de comprimento, que demonstrou a sua capacidade de permanecer por longos períodos de tempo no mar, ao percorrer 150 nm, durante a semana do solstício de inverno de 2019;
- X-2601, um trimarã a combustão, com 4,3 m de comprimento e autonomia para 24 horas.

Segundo Fernandes (*op. cit.*), o CEOV encontra-se neste momento a desenvolver o X-2701 que será uma lancha robotizada de 6 m de comprimento com vista a ser empregue em missões como meio orgânico de um navio.

Quanto à utilização destes SNT em SAR marítimo, C. Fernandes (*op. cit.*) entende que embora as provas de conceito já efetuadas provem a viabilidade do desenvolvimento destes sistemas, terão de ser realizadas adaptações, nomeadamente o investimento em melhores sistemas de propulsão, sistemas de comunicação e sensores. O mesmo referiu ainda que paralelamente, a CEOV está a desenvolver um sistema de comando e controlo e uma GCS que permitirá o controlo de diversos sistemas em simultâneo, um requisito essencial para o emprego deste tipo de sistemas em operações SAR.

Relativamente aos limites de operação condicionados pelas condições METOC, o CEOV ainda não dispõe de informação concreta, visto que carece da realização de testes exaustivos (C. Fernandes, *op. cit.*).

Tal como sucede, a Marinha encontra-se ainda na fase de prova de conceito, não tendo para já a capacidade de empregar USS em missões. Os sistemas de superfície desenvolvidos apresentam algumas limitações técnicas, sendo a principal a velocidade máxima (2,5 nós para os três modelos). No entanto, os resultados são promissores, nomeadamente os SNT solares que poderão garantir a presença constante no mar, a baixo-custo, dado que funcionam com recurso a energias renováveis (C. Fernandes, *op. cit.*).





4.1.2 Força Aérea

A FA é o ramo que há mais tempo desenvolve esforços para operar com SNT. Segundo Pinto (2021), o desenvolvimento de SNT, mais concretamente no campo dos UAS, foi iniciado pela FA em 2006 através do Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea (CIDIFA). No entanto, o grande impulsionador para a pesquisa nesta área pelo CIDIFA, surge em 2009 com o projeto de investigação e tecnologia em veículos aéreos não tripulados (PITVANT), onde foram desenvolvidos vários protótipos de UAS em colaboração com a academia nacional (Gonçalves, 2017).

Posteriormente, em 2016, a FA e a UAVision numa ação de cooperação e através do emprego de UAS da classe 1, o Ogassa OGS42, realizaram ao serviço da *European Maritime Safety Agency* (EMSA) ações de vigilância a atividades ilegais e de poluição no mar, na região de responsabilidade marítima croata (Páscoa, 2020).

Já em 2020, e apesar de o SF referir a necessidade de UAS da classe 2 e 3 para a FA, foram adquiridos 12 UAS da classe 1, seis Ogassa OGS42 e seis Ogassa OGS42V, desenvolvidos pela UAVision, sendo que o primeiro já havia dado provas das suas capacidades durante as ações realizadas no mar adriático. No Quadro 4 constam as características dos UAS da FA.

Quadro 4 – Características dos UAS da FA

| |  |  |
|--|---|---|
| Fabricante | UAVision | UAVision |
| Modelo | Ogassa OGS42 | Ogassa OGS42V |
| Classe | 1 | 1 |
| Categoria | Small | Small |
| Lançamento/recuperação | Pista | VTOL |
| Propulsão | Combustão | Modo VTOL – Elétrica Modo voo – Combustão |
| Alcance máximo (km) | 100 | 100 |
| Autonomia (horas) | 10 | 4 |
| Velocidade máxima (km/h) | 130 | 130 |
| Altitude máxima (pés) | 8000 | 8000 |
| Payload | EO/IR AIS | EO/IR AIS |
| Vento máximo (nós) | Descolar/aterrar – 15 Em voo – 30 | Descolar/aterrar – 15 Em voo – 30 |
| Resistência à precipitação (mm/h) | 0,9 | 0,9 |
| Quantidade | 6 | 6 |

Fonte: Adaptado a partir de UAVision Aeronautics (2021); Páscoa (2020); e, B. Valente (*op. cit.*).



4.1.3 Síntese conclusiva e resposta à QD1

Tanto a Marinha como a FA operam atualmente com UAS, no entanto, a Marinha tem igualmente investido no desenvolvimento de USS, que se encontram na fase de prova de conceito e que carecem da realização de testes exaustivos e de adaptações para um eventual emprego em missões de SAR marítimo.

Todos os UAS em operação em ambos os ramos foram produzidos pela UAVision. A FA em 2020 adquiriu 12 UAS da classe 1 – *small*, seis Ogassa OGS42 e seis Ogassa OGS42V. Por sua vez, a Marinha adquiriu em 2019, dois Spyro 4N (classe 1 – *mini*), e em 2021, um Ogassa OGS42V.

Das características destes sistemas, constantes nos Quadro 3 e Quadro 4, destacam-se as seguintes: apenas o Ogassa OGS42 necessita de pista para lançamento e recuperação, dado que os restantes possuem modo VTOL; tanto o Ogassa OGS42, como o OGS42V podem operar até aos 100 km do controlador, enquanto que o Spyro 4N encontra-se limitado aos 18 km; em termos de autonomia, o Spyro 4N possui apenas 30 minutos, o Ogassa OGS42V atinge as 4 horas, e por último o OGS42 pode realizar voos até 10 h; os modelos Ogassa apresentam a maior velocidade máxima com 130 km/h, enquanto que o Spyro 4N atinge o seu máximo aos 55 km/h; em termos de *payload* todas as plataformas dispõem de sistemas EO/IR.

Quanto aos limites de operação, o vento e a precipitação são fatores a considerar: os modelos Ogassa não podem ser lançados ou aterrar com ventos superiores a 15 nós, nem voar com ventos superiores a 30 nós ou com precipitação superior a 0,9 mm/h; o modelo Spyro 4N não pode ser operado com ventos acima dos 12 nós, nem na presença de precipitação.

4.2 Os SNT desenvolvidos para SAR Marítimo na Europa

Desde o início do milénio que a UE tem promovido, através programas de investimento para I&D, o desenvolvimento de soluções robóticas para apoio às operações SAR, capazes de fazer a diferença no cenário de operações (Cubber et al., 2017).

Por conseguinte, seria expectável uma utilização generalizada de SNT nas operações SAR. Todavia, esta não é a realidade que se verifica, pois existe uma grande dificuldade em fazer chegar as tecnologias desenvolvidas aos utilizadores finais (Cubber et al., 2013). Procurando aproximar a comunidade científica dos utilizadores finais, a UE patrocinou um novo projeto, o ICARUS.



4.2.1 Projeto ICARUS

O projeto ICARUS decorreu entre 2012 e 2016, no qual através da cooperação entre utilizadores finais e 24 instituições de nove países, foram desenvolvidos e testados SNT aéreos, terrestres e marítimos (European Commission, 2016).

No âmbito dos UAS desenvolvidos sobre a égide do projeto ICARUS, foram tidas em conta cinco distintas funcionalidades, com reconhecida utilidade para apoio às missões SAR (Konrad, Serrano, & Strupler, 2017), sendo estas: o mapeamento da área de interesse; busca de vítimas com recurso a IR; vigilância autónoma do alvo; envio de artigos essenciais; e relé de comunicações.

Por forma a garantir a disponibilidade das funcionalidades anteriormente indicadas, e cientes de que seria virtualmente impossível desenhar um único modelo capaz de as executar de forma ideal, dois UAS foram desenvolvidos para emprego em operações SAR marítimo. As características de ambas as plataformas são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Características dos UAS desenvolvidos pelo projeto ICARUS

| |  |  |
|--|---|---|
| Fabricante | ETH | EURECAT |
| Modelo | AtlantikSolar | AROT |
| Classe | 1 | 1 |
| Categoria | Mini | Mini |
| Lançamento/recuperação | Manual/Pista | VTOL |
| Propulsão | Painéis Solares/Bateria | Elétrica |
| Alcance máximo (km) | Ilimitado | 15 |
| Autonomia (horas) | > 14 ⁸ | 0,5 |
| Velocidade máxima (km/h) | 30 | 50 |
| Altitude máxima (m) | 300 | 100 |
| Payload | EO/IR | EO/IR Água ou <i>kit</i> de primeiros socorros |
| Vento máximo (nós) | 35 | 35 |
| Resistência à precipitação (mm/h) | 0,9 | Não pode voar com chuva |

Fonte: Adaptado a partir de Cubber et al. (2013); European Commission (2016); Konrad et al. (2017); Marques et al. (2016); Oettershagen et al. (2015, 2017); e, Wirth, Oettershagen, Ambuhl, & Siegwart (2015).

Já na área dos USS, o consórcio do projeto ICARUS optou por desenvolver duas classes de veículos complementares. Uma classe de sistemas grandes e rápidos, aptos a chegar à localização desejada no menor tempo possível, e outra de USS pequenos e lentos,




⁸ Uma carga total das baterias garante autonomia para um voo de 14 h, no entanto, o maior voo contínuo com o AtlantikSolar foi de 81 h, realizado em julho de 2015 (Oettershagen et al., 2017; Wirth et al., 2015).



desenhados para se aproximarem dos sobreviventes de uma forma segura, levando consigo meios de flutuação e material de primeiros socorros (Matos et al., 2017b).

Foram assim desenvolvidas e testadas as três plataformas, adaptadas a operações SAR, cujas características se apresentam no Quadro 6:

Quadro 6 – Características dos USS desenvolvidos pelo projeto ICARUS

| |  |  |  |
|---|---|--|---|
| Fabricante | Calzoni | INESC | INESC |
| Modelo | U-Ranger | Roaz II | UCAP |
| Classe | 1 | 1 | 1 |
| Comprimento (m) | 7 | 4,2 | 1,45 |
| Peso (kg) | 1400-1800 | 200-400 | 22 |
| Propulsão | Combustão | Elétrica | Elétrica |
| Alcance máximo (km) | 30 | 2 | 1 |
| Autonomia (horas) | 8 | 10 | 0,5 |
| Velocidade máxima (nós) | 40 | 10 | 5 |
| Payload | EO/IR RADAR <i>Laser scanner</i> <i>Weather station</i> | EO/IR RADAR | EO Jangada salva-vidas |
| Ondulação máxima (Escala de Douglas) | SS3 | Não especificado | Não especificado |
| Vento máximo (Escala de Beaufort) | 6 | Não especificado | Não especificado |

Fonte: Adaptado a partir de Matos et al. (2017b).

4.2.2 Demonstrações realizadas no âmbito do apoio ao SAR Marítimo

Durante o desenvolvimento das ferramentas robóticas do projeto ICARUS foram realizadas várias demonstrações em cenários simulados (Cubber et al., 2017; Serrano et al., 2015): em julho de 2014, durante o exercício REX14 realizado em Lisboa (Portugal); em outubro de 2014, numa simulação em La Spezia (Itália); e em julho de 2015, durante a demonstração final das capacidades desenvolvidas pelo projeto ICARUS, na Base Naval de Lisboa (Portugal).

Todas as demonstrações contaram com o emprego dos diversos modelos de SNT descritos na secção anterior, e com a mesma sucessão de eventos (descrita no Apêndice C), usufruindo assim da complementaridade de funcionalidades.

Estas ações de demonstração resultaram na validação operacional das capacidades técnicas, dos sistemas desenvolvidos no âmbito do projeto ICARUS, por parte da comunidade científica e utilizadores finais (European Commission, 2016).



Todavia, foram identificadas duas limitações associadas aos USS do projeto ICARUS:

- Os reduzidos valores de alcance e velocidade máximos do USS Roaz II não se coadunam com os requisitos operacionais de uma operação SAR marítimo (Matos et al., 2017); e
- Dado que todas as demonstrações de SAR marítimo foram realizadas em águas interiores protegidas de ondulação, os USS ainda carecem de demonstrar a sua eficácia perante condições de mar alteroso (Cubber et al., 2017).

4.2.3 Síntese conclusiva e resposta à QD2

O projeto ICARUS apresentou cinco SNT para utilização em SAR marítimo: dois UAS da classe 1, o ETH AtlantikSolar e o EURECAT AROT, e três USS da classe 1, o Calzoni U-Ranger, o INESC Roaz II e o INESC UCAP. À exceção do USS Roaz II, todas as plataformas foram validadas operacionalmente, através de diversas ações de demonstração.

Das características dos sistemas aéreos, constantes no Quadro 5, destacam-se as seguintes: o AtlantikSolar necessita de pista para recuperação, enquanto que o AROT opera em modo VTOL; o AROT pode operar até aos 15 km do controlador, enquanto que, o AtlantikSolar devido ao módulo de comunicações satélite, não apresenta limitações quanto ao alcance; em termos de autonomia, o AROT possui apenas 30 minutos de bateria, enquanto que uma carga total das baterias do AtlantikSolar garantem autonomia para um voo de 14 h, que poderá ser estendido por vários dias através dos seus painéis solares; o modelo AROT apresenta a maior velocidade máxima com 50 km/h, enquanto que o AtlantikSolar atinge o seu máximo aos 30 km/h; em termos de *payload*, todas as plataformas dispõem de sistemas EO/IR, sendo que o AROT possibilita, adicionalmente, o envio de pequenos artigos (tais como água, ou *kits* de primeiros socorros).

Quanto aos limites de operação dos UAS, o vento e a precipitação são fatores a considerar: ambos os modelos não podem operar com ventos superiores a 35 nós; o modelo AROT não pode ser operado na presença de precipitação, enquanto que o AtlantikSolar foi desenhado para operar em ambientes com precipitação igual ou inferior a 0,9 mm/h.

Relativamente aos USS apresentados pelo projeto ICARUS, apenas as características do U-Ranger se apresentam aqui em detalhe, dado que, os reduzidos valores de alcance e velocidade máximos do Roaz II não se coadunam com os requisitos operacionais de uma operação SAR marítimo, e o UCAP trata-se na realidade de uma pequena cápsula de curto alcance (1 km), que dispõe de uma jangada salva-vidas, e que pode ser lançada e operada a partir do U-Ranger. Como tal, destacam-se as seguintes características do U-Ranger: alcance



máximo de 30 km; autonomia para 8 h; velocidade máxima de 40 nós; e em termos de *payload* possui sensores EO/IR, RADAR, *laser scanner* e *weather station*.

Quanto aos limites de operação do USS U-Ranger, o vento e a ondulação são fatores a considerar, dado que opera até uma ondulação máxima de SS3 na escala de Douglas (até 1,25 m), e ventos até ao nível 6 da escala de Beaufort (até 27 nós).

4.3 Eventos SAR na SRR Lisboa

Com o objetivo de caracterizar os eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa foram utilizados os registos de alerta SAR disponibilizados pelo MRCC Lisboa, referentes ao período entre 2013 e 2021.

4.3.1 Distribuição espacial e temporal dos registos SAR

Nos registos disponibilizados pelo MRCC Lisboa constavam 2617 alertas de SAR. Após uma análise inicial dos dados verificou-se que apenas 1682 se encontram na SRR Lisboa, os quais foram georreferenciados na Figura 4.

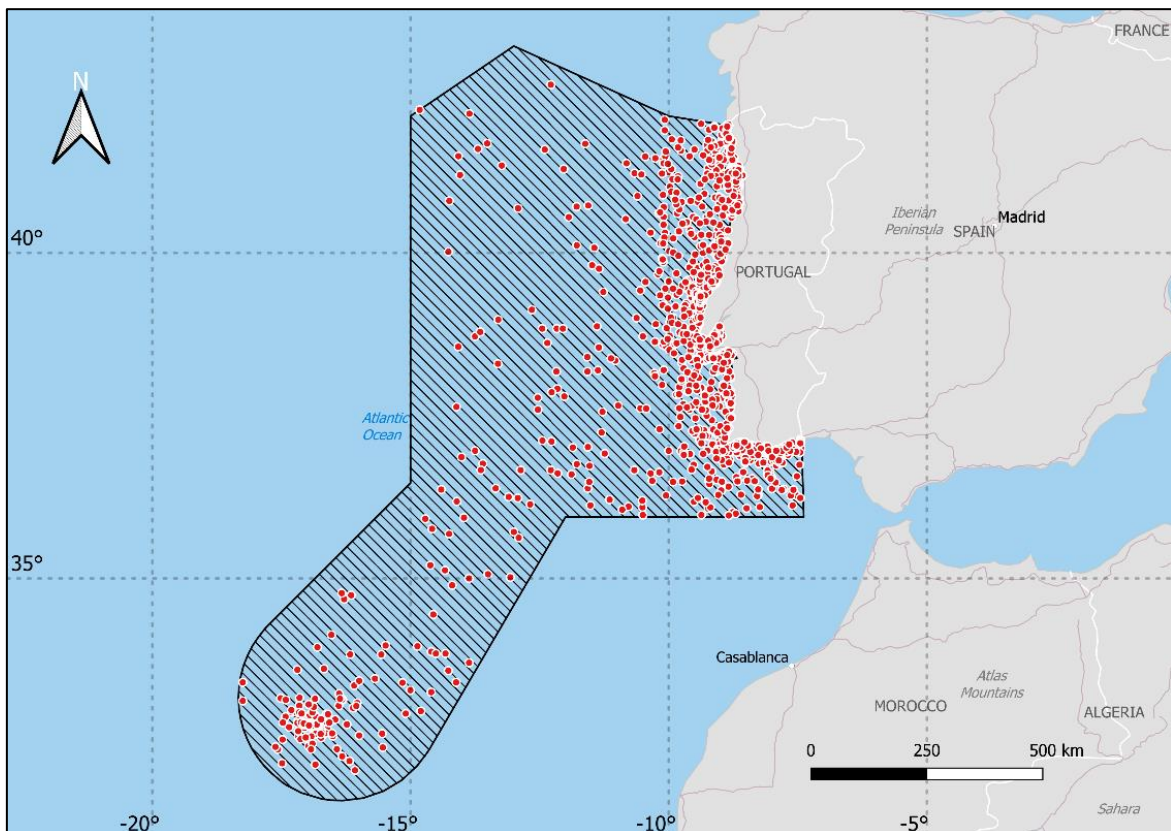


Figura 4 – Eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa entre 2013 e 2021

A análise da Figura 4 permite apurar que a maior densidade de eventos SAR é encontrada nas regiões costeiras, seja de Portugal continental ou do arquipélago da Madeira. No entanto, esta elevada densidade de pontos não permite uma compreensão detalhada da



distribuição dos eventos ao longo da costa. Por este motivo, criou-se um mapa de calor (Figura 5) que possibilita, de uma forma intuitiva, identificar as áreas com maior intensidade de ocorrência de eventos SAR. Este mapa de calor permitiu não só confirmar que a maioria dos eventos SAR ocorrem na faixa costeira, mas também que ocorrem tendencialmente nas proximidades dos diversos portos ao longo da costa portuguesa, com particular intensificação em redor dos portos de Lisboa, Setúbal, Leixões e Faro.

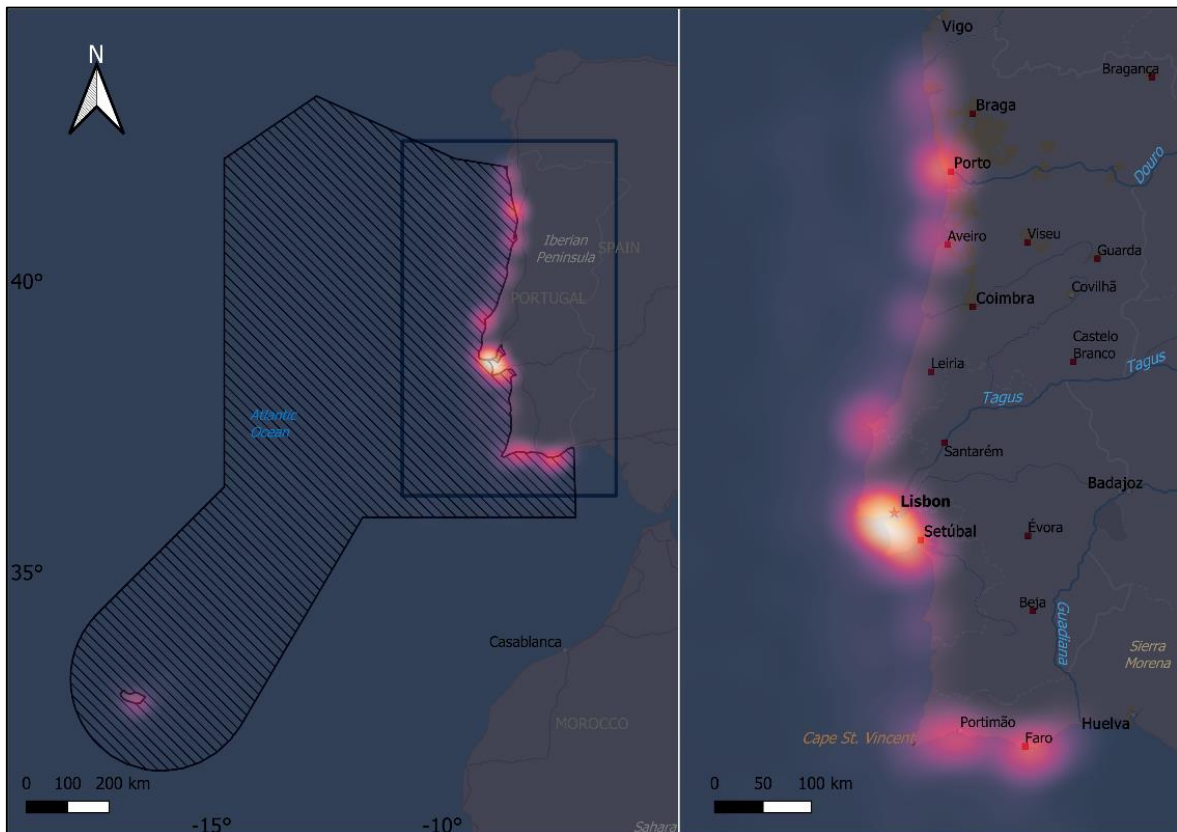


Figura 5 – Mapa de calor de eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa

Seguidamente foi calculada a distância entre cada evento SAR e o ponto mais próximo da linha de costa, seja esta em Portugal continental ou no arquipélago da Madeira. O resultado destes cálculos é apresentado na Figura 6, onde se verifica de uma forma quantitativa que 80% dos eventos estão localizados até aos 50 km da linha de costa, e que 88% se encontram dentro da faixa dos 100 km.

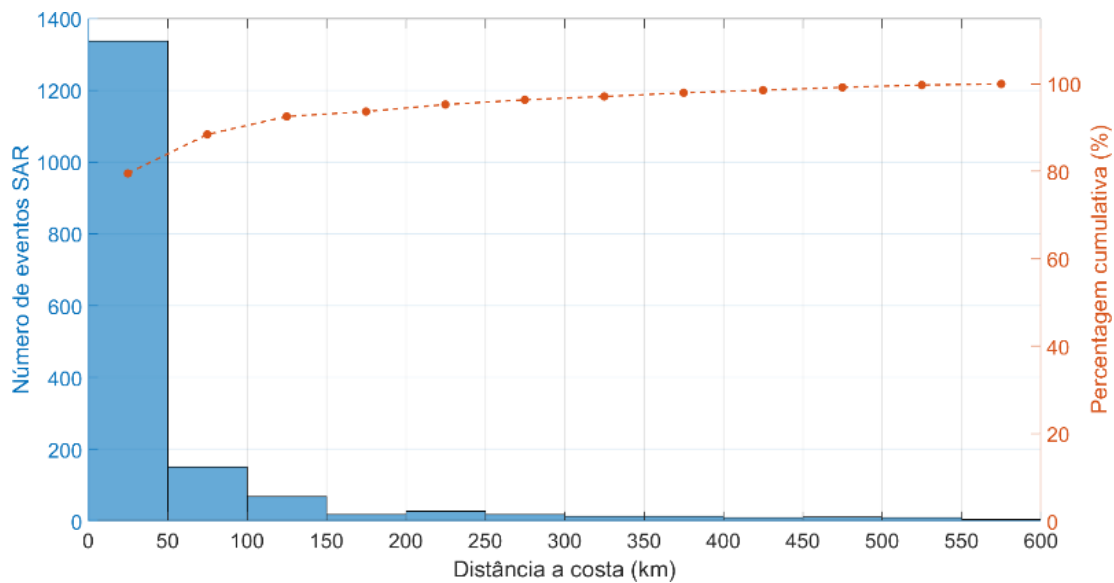


Figura 6 – Histograma da distância à costa dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa

Após uma análise geral da distribuição espacial das ocorrências na SAR Lisboa, e dado que o maior número de ocorrências incide em águas costeiras, torna-se relevante analisar a distribuição espacial e temporal na região costeira de Portugal continental, que foi neste trabalho delimitada até aos 150 km.

Dos 1682 casos SAR registados na SRR Lisboa, 1556 encontram-se dentro dos 150 km de distância à linha de costa continental. Estes 1556 casos foram posteriormente agrupados pelas quatro estações do ano e representados em *boxplots* (Figura 7), tendo-se verificado que o maior número de alertas ocorreu nos meses de verão (419 casos), e o menor durante os meses de outono (277). Relativamente à distância a terra, verificou-se que os dados apresentam distribuições semelhantes durante as quatro estações, com máximos a superar os 140 km, medianas próximas dos 5 km e o terceiro quartil (Q3) abaixo dos 30 km. É, no entanto, o parâmetro estatístico Q3 que regista maiores diferenças, dado que os meses de primavera (Q3 = 12,4) e verão (Q3 = 17) apresentam uma maior frequência de casos mais próximos de costa, face aos meses de outono (Q3 = 27,2) e inverno (Q3 = 22,6).

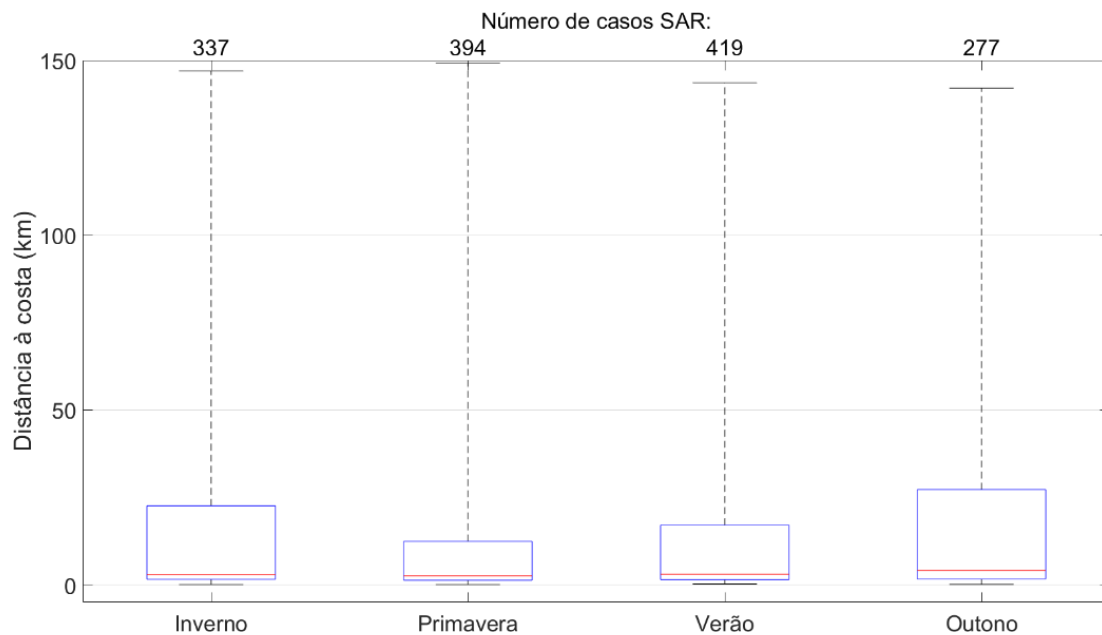


Figura 7 – Boxplots sazonais da distância à costa dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa

Seguidamente, os mesmos dados agrupados de forma sazonal foram utilizados para gerar os quatro mapas de calor apresentados na Figura 8, verificando-se que:

- A região marítima em torno do porto de Lisboa é a única que, independentemente da estação, apresenta uma constância de elevada intensidade de eventos SAR, com uma marcada expansão para Setúbal durante os meses de primavera e verão;
- O mapa relativo aos meses de verão, sugere uma forte intensificação de eventos na costa sul de Portugal;
- Durante os meses de inverno as maiores ocorrências SAR encontram-se nas proximidades dos portos de Lisboa e Leixões;
- Nos meses de primavera e verão verifica-se um aumento generalizado de eventos SAR ao longo da costa portuguesa; e
- O mapa relativo aos meses de outono sugere um decréscimo nos acidentes na região costeira próxima do porto de Leixões, e identifica as regiões de Lisboa, Peniche e Faro como os maiores focos de eventos SAR, nesta estação.

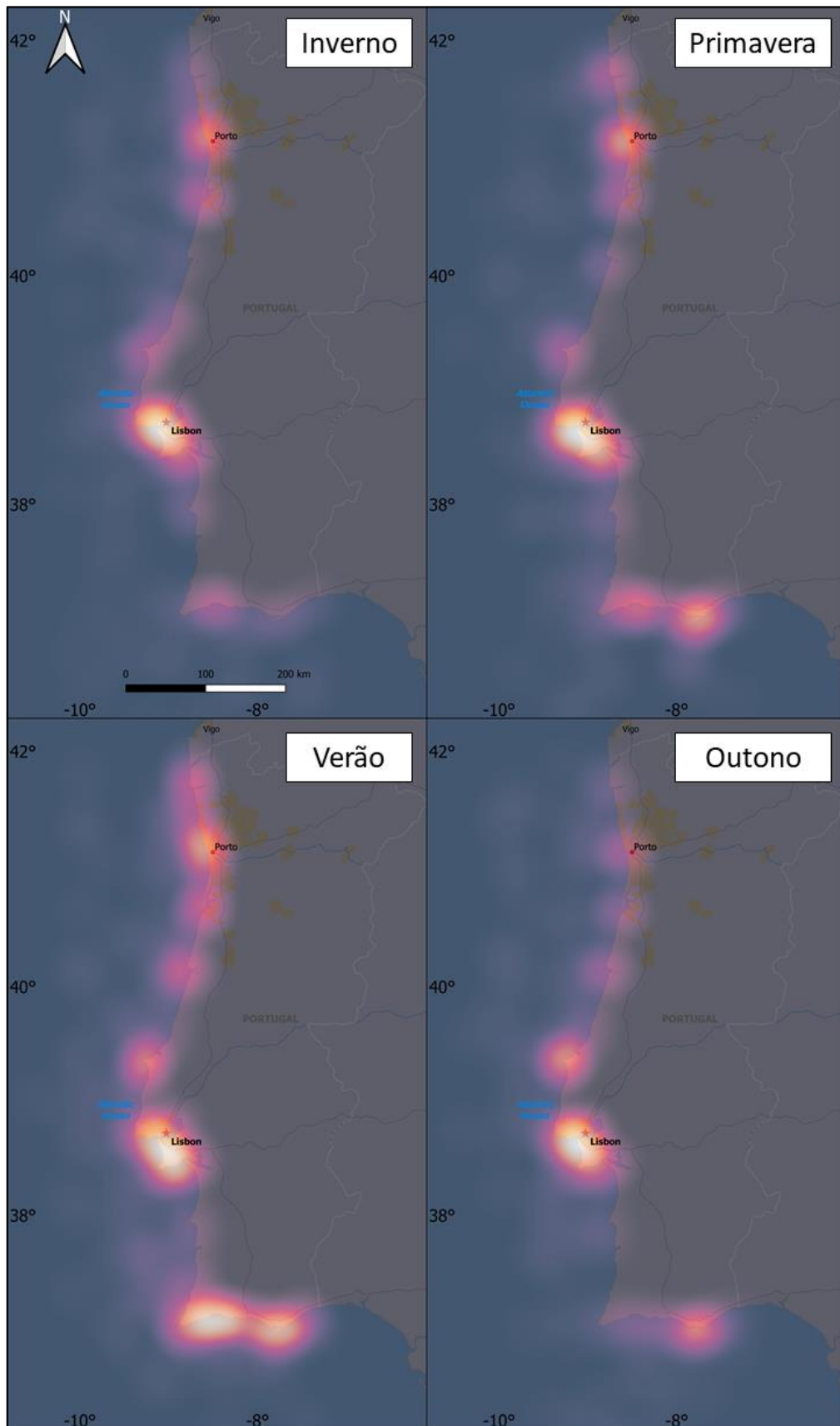


Figura 8 – Mapas de calor sazonais dos eventos SAR ocorridos na SRR Lisboa



4.3.2 Condições meteorológicas e oceanográficas durante os eventos SAR

Nesta secção são descritas as condições METOC existentes durante os eventos de SAR na região em estudo, em termos de ondulação, velocidade do vento e precipitação. Todos os dados analisados são apresentados nas Figura 9, Figura 10 e Figura 11 através de *boxplots* (à esquerda) agrupados pelas quatro estações do ano, e um histograma (à direita) gerado com todos os 1556 registos.

Em termos de velocidade de vento verificou-se que a maior frequência de dados se encontra nos segundo e terceiro intervalos, entre 5 e os 15 nós, totalizando 69% dos casos. Foram identificadas cinco ocorrências superiores a 30 nós que ocorreram nos meses de inverno e verão. Em termos de comparação sazonal, verifica-se que os dados relativos ao inverno assinalam os maiores valores em todos os parâmetros estatísticos, inclusive um máximo de 32,5 nós. Já o mês de verão, e apesar de apresentar valores até ao segundo quartil superiores aos da primavera e outono, provavelmente devido ao fenómeno de Nortada característico do verão português, regista também o menor valor de máximos da velocidade do vento (25,7 nós) entre estações.

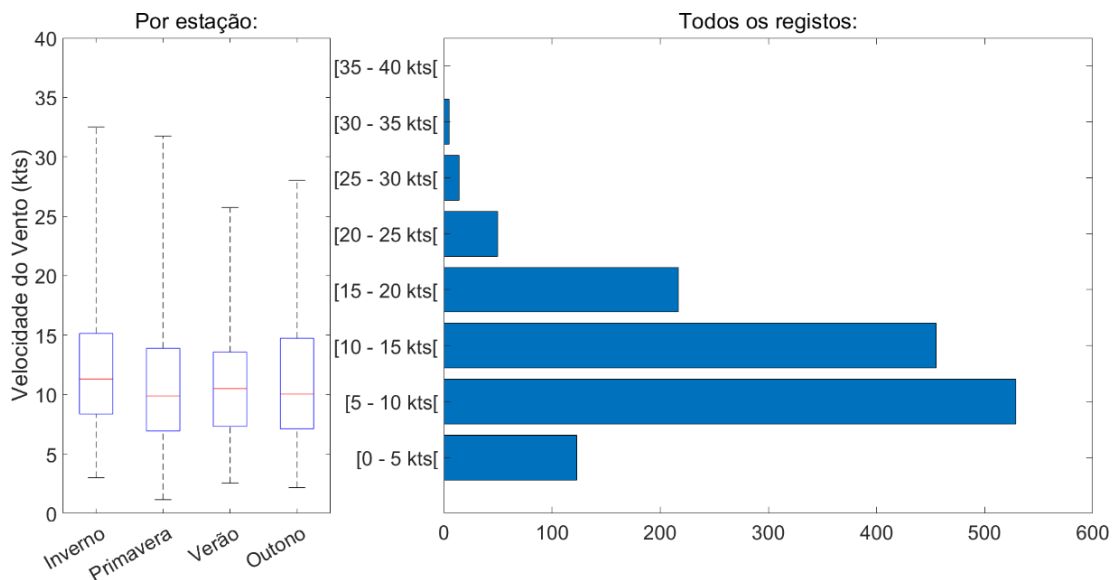


Figura 9 – Velocidade do vento durante os eventos de SAR marítimo

Em termos de ondulação verificou-se que a maior frequência de dados se encontra entre os segundo e quarto intervalos, dos 0,5 aos 2 m, totalizando 68% dos casos. Foram identificadas cinco ocorrências superiores a 5 m que ocorreram nos meses de outono e inverno. Em termos de comparação sazonal, os meses de verão registam francamente os menores valores de ondulação, e os de inverno os maiores, com uma mediana e um valor



máximo de 2,2 m e 5,5 m, respetivamente. Os meses da primavera e outono denotam ser períodos de transição entre os as épocas extremas de verão e inverno.

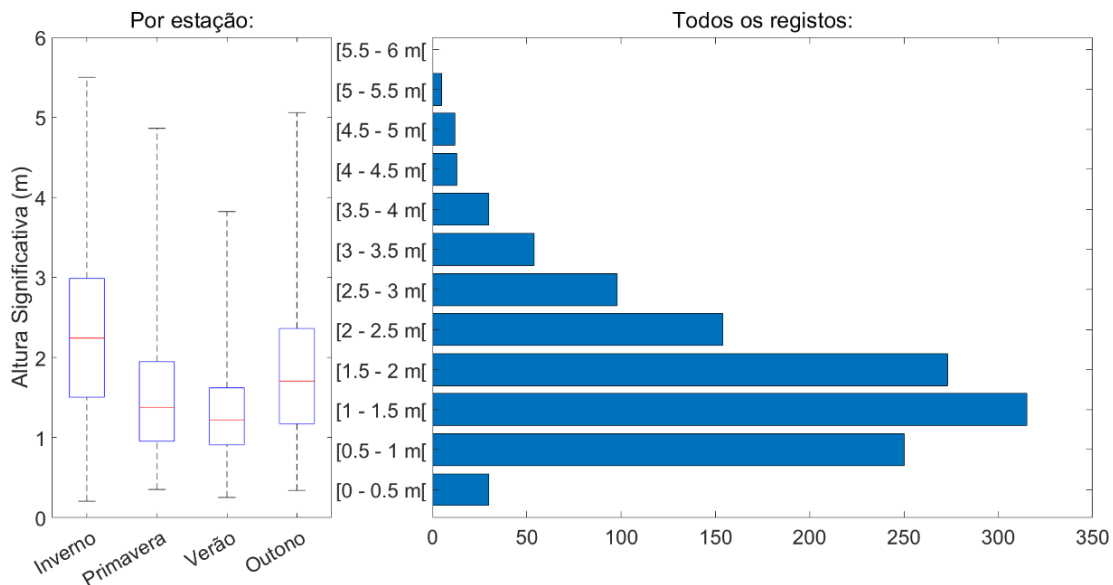


Figura 10 – Ondulação (altura significativa) durante os eventos de SAR marítimo

Finalmente, em termos de precipitação verificou-se que em 920 dos 1556 casos analisados (59%) a taxa de precipitação era igual a 0,0 mm/h, ou seja, não ocorreu precipitação. Como tal, e por forma a não saturar os gráficos da Figura 11, estes foram gerados apenas com os 636 casos nos quais a taxa de precipitação era maior que 0,0 mm/h. Verificou-se ainda que, dos 920 casos sem precipitação, 338 ocorreram nos meses de verão, 272 na primavera, 159 no inverno e 151 no outono.

Relativamente aos casos com eventos de precipitação, verificou-se que apenas 22 registam taxas de precipitação superiores a 1 mm/h, e que estas ocorrências se distribuem por todos as estações do ano, exceto no verão. Em termos de comparação sazonal, os meses de outono e inverno registam francamente as maiores taxas de precipitação, atingindo os 5 mm/h no inverno, enquanto que os meses de verão apresentam as menores.

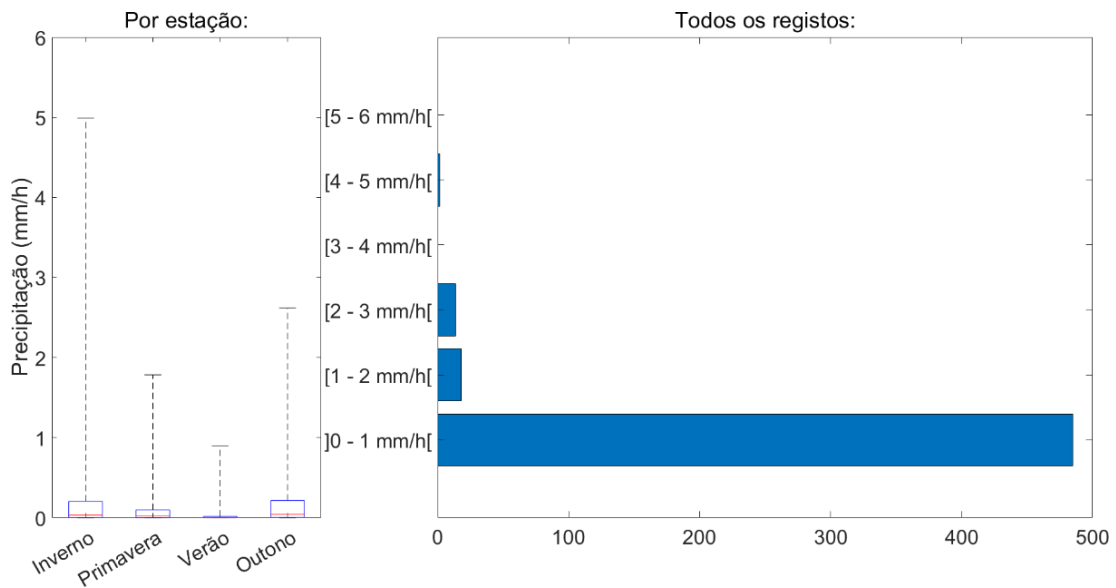


Figura 11 – Precipitação durante os eventos de SAR marítimo

4.3.3 Síntese conclusiva e resposta à QD3

Após a análise dos dados recolhidos, verificou-se que dos 1682 casos SAR registados na SRR Lisboa, 1556 encontram-se dentro dos 150 km de distância à linha de costa continental. De forma mais detalhada, constatou-se que os dados apresentam distribuições semelhantes, relativas à distância à costa, durante as quatro estações do ano, com medianas próximas dos 5 km e Q3 inferiores a 30 km. Concluindo-se ainda que, durante os meses de primavera e verão, não só se registam maior número de incidentes SAR, mas também que tendem a ocorrer mais próximos de costa.

Seguidamente, foi analisada a distribuição espacial dos eventos SAR, a qual permitiu verificar que a maioria dos eventos SAR ocorre nas proximidades dos diversos portos ao longo da costa portuguesa, com particular intensificação em redor dos portos de Lisboa, Setúbal, Leixões e Faro.

Por último, foi realizada uma análise das condições METOC existentes durante os eventos SAR, em termos de ondulação, velocidade do vento e precipitação. Relativamente ao vento, apenas foram identificadas cinco ocorrências superiores a 30 nós. Em termos de ondulação verificou-se que a maior frequência de dados ocorre no intervalo entre 0,5 e 2 m (68% dos casos). Finalmente, em termos de precipitação verificou-se que em 59% dos casos analisados não houve ocorrência de precipitação, e que em apenas 22 casos se registaram taxas de precipitação superiores a 1 mm/h.



4.4 Projetos em desenvolvimento na Marinha para apoio ao SAR marítimo costeiro

No âmbito da pesquisa por projetos em desenvolvimento com produtos passíveis de serem aplicados no SAR marítimo costeiro, foi identificada a rede de RHF do IH. O seu estado atual e o possível apoio às operações SAR marítimo, nas regiões cobertas pelos RHF, são analisados neste subcapítulo.

4.4.1 A rede de radares costeiros de alta-frequência do IH

A rede RHF do IH conta já com seis estações portuguesas, que fazem ligação às estações espanholas nas regiões de Galiza e Algarve (S. Fernandes, entrevista por videoconferência, 12 de maio de 2022). Todas as estações instaladas na região em estudo são *CODAR SeaSonde* do tipo *standard-range*, e possuem as características indicadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Localização e características das estações RHF do IH

| Código da Estação | LPRO | JLSM | EPSM | SGTR | AFTR | VATR |
|---------------------------|---|---------------------|---------------|--------|-----------|----------------------------|
| Localização | Leça da Palmeira | Forte de São Julião | Cabo Espichel | Sagres | Alfanzina | Vila Real de Santo António |
| Frequência de transmissão | 13,50 MHz | | | | | |
| Resolução em distância | 1,85 km | | | | | |
| Resolução angular | 5° | | | | | |
| Resolução temporal | 1 hora | | | | | |
| Profundidade da medição | Primeiro metro da coluna de água ⁹ | | | | | |
| Ano de instalação | 2020 | 2010 | 2010 | 2016 | 2014 | 2012 |

Fonte: Adaptado a partir de S. Fernandes (*op. cit.*) e Roarty et al. (2019).

A localização das estações nacionais e espanholas, tal como a cobertura temporal calculada para o período entre 2013 e 2018, são apresentadas na Figura 12. O alcance das estações nacionais é de cerca de 100 km, e a cobertura ao longo da costa de Portugal ainda não é total. Serão necessárias 20 estações para garantir essa cobertura total, e a instalação destas tem ocorrido de forma faseada, no âmbito de projetos com financiamento europeu. Num futuro próximo, prevê-se a instalação de uma estação a Sul da LPRO (projeto RADAR-ON-RAIA) e duas estações a cobrir a região de Peniche e da Nazaré (projeto MONICAN-BIOS) (S. Fernandes, *op. cit.*).

⁹ Cálculo baseado na frequência de transmissão, conforme sugerido por Stewart & Joy (1974).

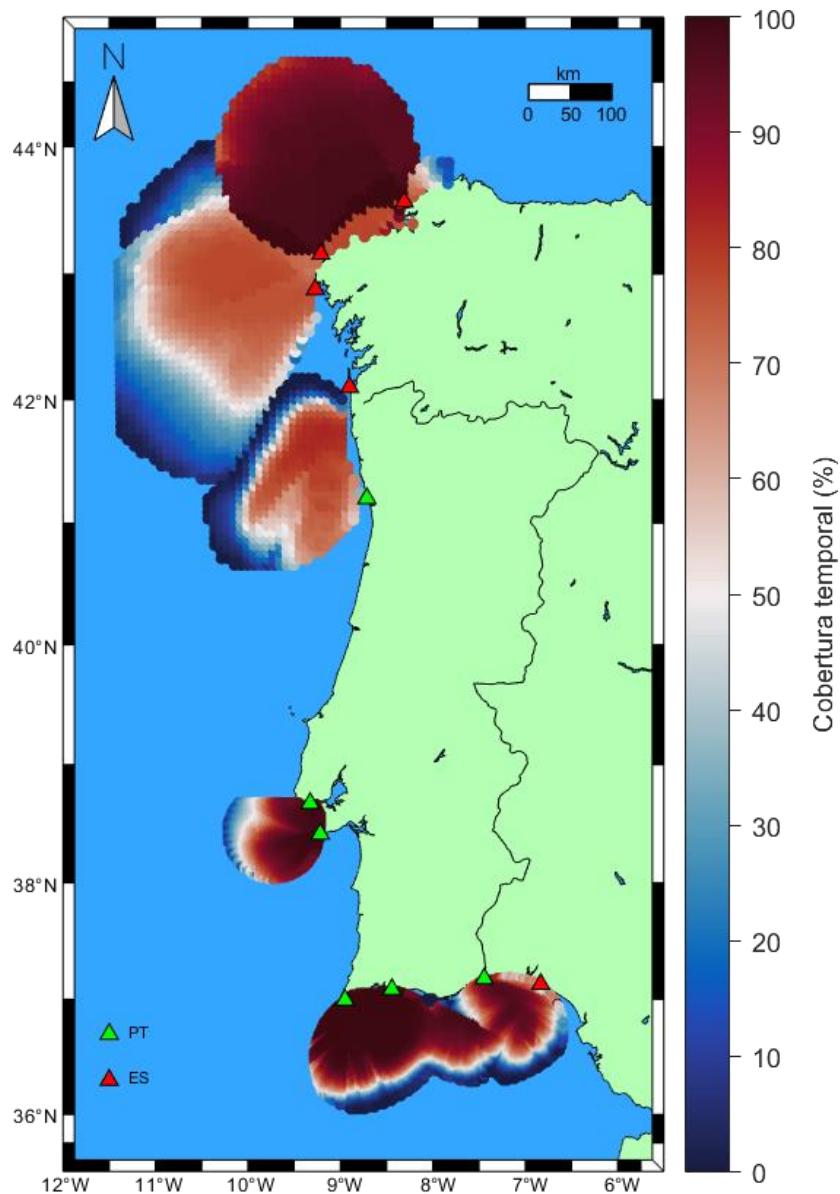


Figura 12 – Mapa de cobertura temporal (2013 a 2018) dos RHF da região ocidental da Península Ibérica

4.4.2 Desenvolvimento de um novo produto de deriva

No caso de ocorrência de um alerta SAR, no qual a posição do incidente é conhecida, é solicitado ao IH, pelo MRCC, o cálculo da previsão de deriva. Atualmente, este cálculo é uma simples deriva baseada na teoria de Ekman, que tem por base as previsões de vento para o local. Este é um produto que se revela demasiado simplista para resolver as correntes em regiões costeiras, e como tal está a ser abandonado, encontrando-se em desenvolvimento uma nova ferramenta denominada OceanDrift (S. Fernandes, *op. cit.*).

O OceanDrift já se encontra em desenvolvimento desde 2018, sendo que atualmente utiliza dados de previsão de correntes à superfície disponibilizados pelo CMEMS. No



entanto, tendo em conta que os radares proporcionam observações e não previsões de correntes, e o facto de estas chegarem aos servidores do IH quase em tempo-real (a cada hora), fazem desta uma ferramenta essencial ao cálculo de deriva, conforme refere S. Fernandes (*op. cit.*). O mesmo indica que já foram realizados testes ao largo de Caminha e do Algarve com resultados altamente promissores, com comparações entre as derivas de boias derivantes reais e as trajetórias simuladas, com recurso aos dados dos RHF.

S. Fernandes (*op. cit.*) explica que o OceanDrift está a ser adaptado para privilegiar a utilização de dados RHF sempre que a localização, proveniente do alerta SAR, se encontrar na região de cobertura destes sistemas. No entanto, o mesmo refere que para a conclusão deste trabalho é necessário concluir três tarefas: resolver as falhas de cobertura espacial; calibrar as derivas para diferentes objetos; e desenvolver *short-term predictions*.

As falhas de cobertura espacial estão relacionadas com a performance destes sistemas, pois tal como qualquer outro sistema de deteção remota, é diretamente influenciada pelas condições ambientais (Paduan & Washburn, 2013). No caso dos RHF, estes são particularmente afetados pelo nível de ruído (natural e antropogénico) e pelo estado do mar (S. Fernandes, *op. cit.*).

S. Fernandes, (*op. cit.*) explica que um dos grandes problemas que estas falhas de cobertura acarretam, é que muitas das metodologias matemáticas de análise de dados não funcionam corretamente quando utilizadas em campos vetoriais que possuam falhas de cobertura. Exemplo disso são os cálculos de deriva, que ao encontrarem uma falha de dados ficam impossibilitados de prosseguir com o cálculo. Contudo, acrescenta que esta dificuldade já se encontra praticamente superada, com recurso a uma técnica de processamento de dados conhecida como *Open-boundary modal analysis* (OMA) que foi implementada, encontrando-se em fase de validação. Na Figura 13 apresentam-se os resultados obtidos num teste conduzido no Algarve. Conforme se pode verificar à esquerda, com recurso apenas aos dados originais dos radares, não foi possível o cálculo da deriva da boia derivante nº. 1; já à direita, foram também utilizados campos vetoriais gerados com recurso à técnica OMA (a verde) que permitiram o cálculo de deriva para ambas as boias.

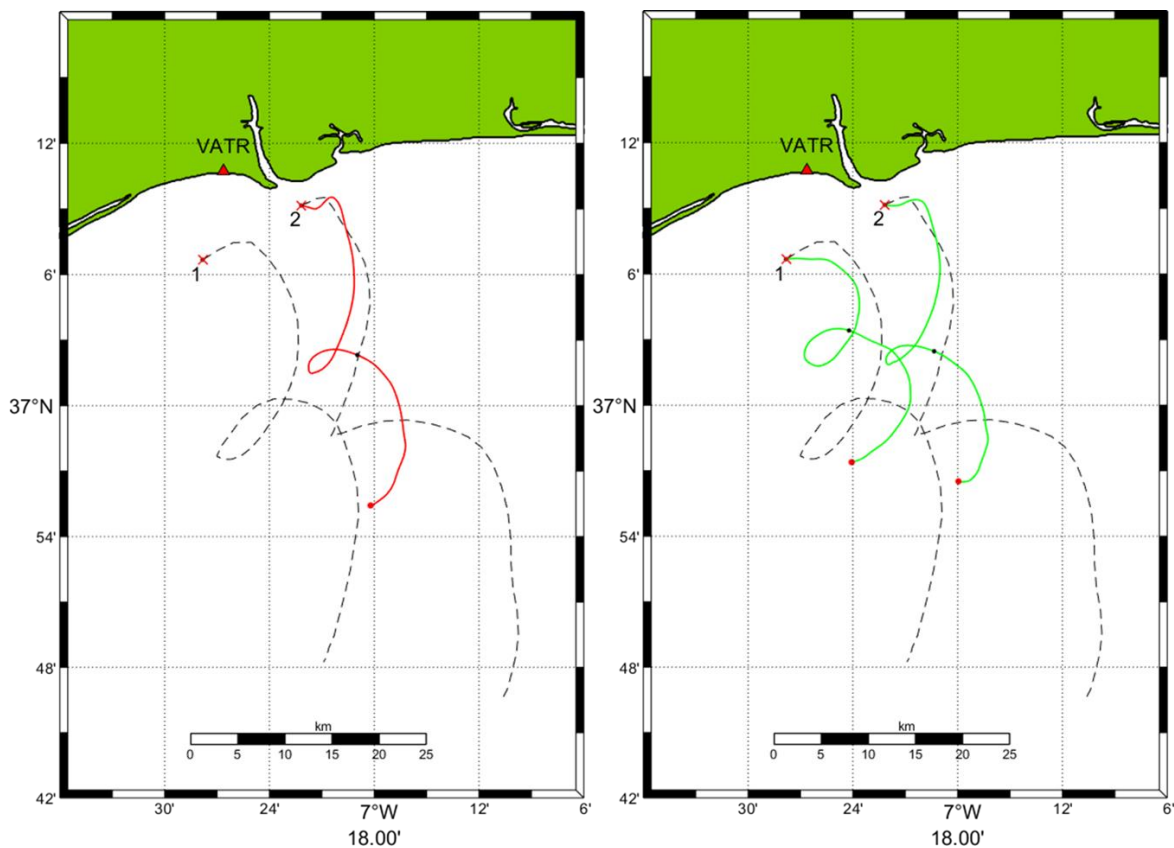


Figura 13 – Mapa com derivas reais (tracejado), simuladas com falhas de cobertura (vermelho) e simuladas com aplicação da técnica OMA (verde)

No entanto, a Figura 13 apresenta também a segunda necessidade referida por S. Fernandes (*op. cit.*), pois como se pode verificar, existe um desvio significativo entre a deriva da boia real (a tracejado) e as restantes trajetórias simuladas. Este facto é causado pelo forçamento do vento sobre a boia, e que os diferentes tipos de objetos (corpo humano com e sem colete, balsa, jangada salva-vidas, entre outros) terão de ser calibrados através deste tipo de trabalhos de campo (S. Fernandes, *op. cit.*).

A última fase passará pelo desenvolvimento de um algoritmo de *short-term predictions* no OceanDrift, a fim de possibilitar a previsões de correntes para as próximas doze horas, com base na análise estatística das observações das últimas horas, pois esta capacidade é um fator crítico na direção dos meios divergidos para operações de busca (S. Fernandes, *op. cit.*).

4.4.3 Síntese conclusiva e resposta à QD4

A procura por projetos em desenvolvimento com produtos passíveis de serem aplicados no SAR marítimo costeiro, levou à identificação da rede RHF do IH. Este projeto que conta já com seis estações nacionais, pretende cobrir a região costeira de Portugal continental, até aos 100 km da costa.



Pretende-se assim, utilizar as correntes de superfície observadas por estes sistemas para melhorar substancialmente as derivas calculadas para apoio ao SAR costeiro, integrando-as no OceanDrift. Para tal, e apesar de já apresentarem resultados promissores, será necessário concluir as seguintes tarefas: calibrar as derivas para diferentes objetos; e desenvolver *short-term predictions*.

4.5 Emprego de SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental – Resposta à QC

Por forma a responder à QC, numa primeira fase foi realizada uma comparação entre os SNT das FFAA e as propostas do projeto ICARUS. A Figura 14 apresenta uma comparação das principais características dos UAS de asa rotativa. Da análise desta Figura, verifica-se que as plataformas são em muito semelhantes, sendo que a maior diferença reside no reduzido limite de resistência ao vento do Spyro 4N.

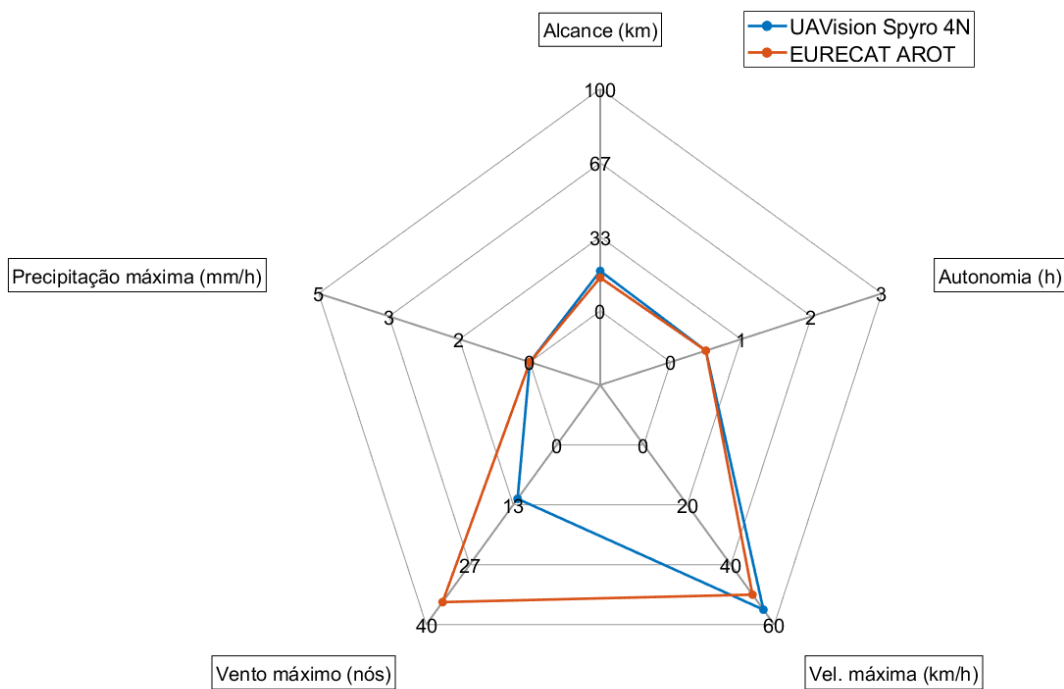


Figura 14 – Comparação dos UAS de asa rotativa

De igual forma, foram comparados os UAS de asa fixa. Conforme se pode verificar pela Figura 15, o AtlantikSolar destaca-se positivamente em todas as características, à exceção da velocidade máxima. Desta análise conclui-se ainda que a configuração VTOL do Ogassa compromete significativamente a autonomia da plataforma.

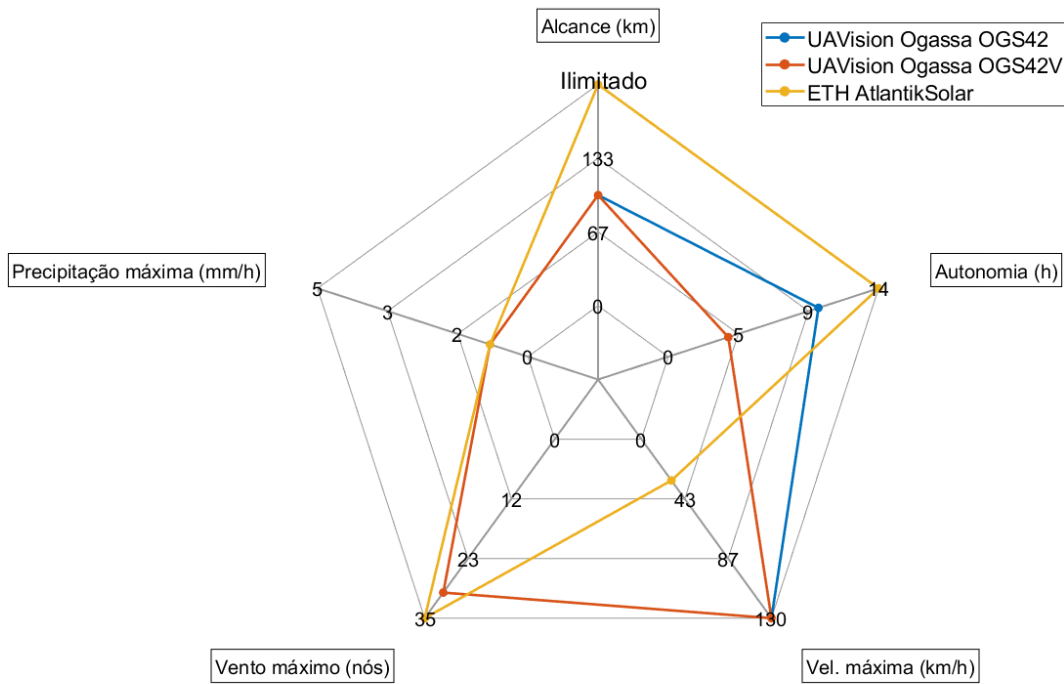


Figura 15 – Comparação dos UAS de asa fixa

Não foram realizadas comparações diretas entre os USS, dado que a Marinha apenas dispõe de protótipos em fase de prova de conceito, os quais requerem diversas adaptações para emprego em operações SAR.

Relativamente ao *payload*, todas as plataformas dispõem de sensores EO/IR. No entanto, alguns SNT do projeto ICARUS proporcionam ainda o envio de pequenos artigos essenciais, nomeadamente água, *kits* de primeiros-socorros e até uma cápsula não tripulada com jangada.

Finalmente, tendo por base o alcance e os limites de operação METOC dos vários SNT, foi elaborado o Quadro 8, onde são indicadas as percentagens dos casos (referidas ao total de 1556) em que hipoteticamente as diferentes plataformas poderiam haver sido empregues, por se encontrarem dentro dos limites de operação de cada uma.

Quadro 8 – Percentagem de casos passíveis de serem empregues os diferentes SNT

| Modelo | UAS | | | | USS |
|--------------------------|--------------|------|------------------|---------------|----------|
| | Asa Rotativa | | Asa Fixa | | U-Ranger |
| | Spyro 4N | AROT | OGS42V/ OGS42 | AtlantikSolar | |
| Percentagem de casos SAR | 34% | 49% | 94% | 98% | 33% |



Da análise deste Quadro 8, verifica-se que tanto os Ogassa, como o AtlantikSolar poderiam haver sido empregues em mais de 90 % dos casos SAR. Os meios de asa rotativa apresentam taxas muito inferiores, essencialmente devido ao alcance. O USS apresenta a taxa mais reduzida, esta surge não apenas devido ao alcance, mas também pela reduzida resistência à ondulação.

Em tom conclusivo, e respondendo à QC, verificou-se que os UAS das FFAA apresentam diversas semelhanças com as plataformas desenvolvidas e validadas operacionalmente, para emprego em SAR marítimo, pelo projeto ICARUS. Estas plataformas, apesar de serem de classe 1, apresentam características passíveis de serem empregues na maioria dos casos SAR que ocorrem na região costeira de Portugal continental. No entanto, algumas adaptações poderiam ser efetuadas, nomeadamente aumentar a resistência ao vento e garantir a capacidade de envio de pequenos artigos no Spyro 4N. Relativamente aos USS, estes encontram-se ainda em fase de prova de conceito na Marinha, no entanto, a análise dos limites de operação do U-Ranger sugerem que uma plataforma destas dimensões terá um emprego limitado na costa portuguesa, devendo por isso ser equacionada a análise de outro tipo de plataformas/classes, tendo por base as condições METOC apresentadas neste trabalho. Por último, foi identificado um projeto em desenvolvimento no IH, que é a edificação da rede RHF nacional e a consequente disponibilização de um produto de apoio à deriva mais fiável, baseado em observações. Este produto estará disponível para as operações costeiras até aos 100 km de costa, e poderá ser um forte aliado às operações SAR com SNT, nomeadamente na fase de busca, no entanto carece ainda de alguns esforços de I&D.



5. Conclusões

No sector das FFAA, cabe à Marinha e à FA garantir a prontidão de navios e aeronaves, respetivamente, para, sob a coordenação dos MRCC, intervir em operações SAR marítimo. As FFAA têm sofrido uma redução progressiva no seu número de efetivos, e dificuldades acrescidas no aprontamento dos seus meios. Estas dificuldades apelam à procura de novas formas para mitigar os seus impactos nas operações executadas pelas FFAA, nas quais se inserem as operações de SAR marítimo.

Neste enquadramento, este trabalho procurou identificar e explorar uma possível solução, sendo esta a utilização de SNT para apoiar a fase de busca durante as operações de SAR marítimo em regiões costeiras. Estes meios têm demonstrado tratar-se de ferramentas altamente promissoras, pelo que se torna relevante analisar a sua aplicabilidade no contexto nacional de SAR marítimo, recorrendo aos SNT de que as FFAA já dispõem.

Por conseguinte, esta investigação foi orientada por um raciocínio indutivo, que assentou numa estratégia de investigação qualitativa, tendo o estudo de caso sido adotado como desenho de pesquisa. Quanto à metodologia, esta investigação foi suportada através de três instrumentos: análise documental, que contou sobretudo com trabalhos de investigação, dissertações de mestrado e de doutoramento, artigos científicos e livros de referência; entrevistas semiestruturadas, que permitiram a caracterização de conceitos essenciais, o esclarecimento de dúvidas, e a recolha de opiniões de especialistas; e dados disponibilizados pelo MRCC Lisboa e pelo IH.

Este TII contou com um “OG - Analisar a exequibilidade de empregar SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental”, do qual se partiu para definir quatro OE, os quais foram alcançados dando resposta a quatro respetivas QD. Para responder às “QD1 - Quais as características dos SNT da Marinha e da FA?” e “QD2 - Quais as características de SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo?” foram definidos os seguintes indicadores: modelo, alcance, autonomia, velocidade, *payload*, e limites de operação das plataformas. Por conseguinte, a “QD3 - Quais as características dos eventos de SAR marítimo na região em estudo, em termos de distribuição espacial e condições METOC?” foi materializada pelos indicadores: distribuição espacial, vento, ondulação, precipitação dos eventos SAR. Por último, a “QD4 - De que forma outros projetos em desenvolvimento na Marinha poderão apoiar as operações de SAR costeiro com SNT?” procurou identificar projetos, verificar o seu estado de desenvolvimento e as vantagens da sua utilização para apoio ao SAR.



Este trabalho permitiu concluir que:

- Tanto a Marinha como a FA dispõem de UAS da classe 1. Ambos os ramos operam com dois modelos de asa fixa (UAVision Ogassa OGS42 e OGS42V), sendo que adicionalmente, a Marinha conta com um modelo de asa rotativa (UAVision Spyro 4N);
- A comparação entre os meios de asa rotativa das FFAA (Marinha e FA) e do ICARUS, permitiu verificar que o Spyro 4N apresenta as desvantagens de não ser capaz de enviar pequenos artigos essenciais, e de ter uma menor resistência ao vento, o que reduz a possibilidade de emprego desta plataforma de 49% para 34% (dos casos analisados);
- A comparação entre as plataformas de asa fixa das FFAA (Marinha e FA) e do ICARUS, demonstrou que os modelos da UAVision, apesar de apresentarem menor autonomia, garantem maior velocidade máxima, o que poderá ser essencial em casos SAR mais distantes da costa. Esta comparação também permitiu verificar que a configuração VTOL do Ogassa compromete significativamente a autonomia da plataforma;
- A análise à exequibilidade de emprego dos meios de asa fixa, nos casos SAR estudados, resultou numa taxa de 94% para os modelos Ogassa OGS42/OGS42V;
- Relativamente aos USS, a Marinha apenas dispõe de protótipos em fase de prova de conceito, os quais requerem diversas adaptações para emprego em operações SAR, nomeadamente o aumento da velocidade máxima atual de 3,5 nós;
- A análise à exequibilidade de emprego do USS U-Ranger, nos casos SAR estudados, resultou numa taxa de 33%. Este reduzido valor sugere que uma plataforma com estas características terá um emprego limitado na costa portuguesa, devendo por isso ser equacionada a análise de outro tipo de plataformas/classes, tendo por base as condições METOC caracterizadas por trabalho;
- Todos os SNT analisados neste trabalho dispõem de sensores EO/IR, que demonstram ser uma ferramenta essencial para deteção de náufragos com SNT; e



- O projeto de edificação da rede RHF nacional e a consequente disponibilização de um produto de apoio à deriva mais fiável, baseado em observações, poderá ser um forte aliado às operações SAR com SNT, nomeadamente na fase de busca, no entanto carece ainda de alguns esforços I&D.

Em termos de contributos para o conhecimento, este estudo analisou pela primeira vez a exequibilidade de emprego de SNT pelas FFAA em SAR marítimo costeiro, tendo em conta dois fatores: as características de modelos de SNT operacionalmente validados na Europa; e as características dos eventos de SAR marítimo na SRR Lisboa, em termos de distribuição espacial e condições METOC.

Contudo, esta investigação, esteve sujeita a algumas limitações. A principal limitação será o facto de nenhum dos SNT das FFAA ter participado em exercícios desenhados para SAR marítimo. Este tipo de atividade, permitiria incluir informação detalhada sobre a experiência, pontos fortes e limitações identificadas durante as ações de busca. Uma outra limitação relevante, prende-se com o facto de se ter utilizado a distância mais próxima a costa de cada evento SAR, para analisar se o alcance máximo do SNT seria suficiente. Esta definição não será realista do ponto de vista operacional, no entanto, foi a única forma possível de análise, dado que ainda não estão definidos pontos ao longo da costa para lançamento/recuperação dos SNT.

Com base neste trabalho de investigação, propõe-se três estudos futuros: tendo em conta a distribuição espacial e sazonal dos eventos SAR, e também o alcance dos SNT das FFAA, sugere-se identificar possíveis localizações ao longo da costa para lançamento/recuperação dos SNT, por forma a apoiar de forma expedita a fase de busca das operações SAR; com base nas condições METOC dos eventos SAR da SRR Lisboa apresentadas neste trabalho, sugere-se definir os limites de operação mínimos para um USS ser capaz de apoiar as operações SAR na região estudada, identificando ainda, modelos capazes de operar dentro desses limites; e, por último, sugere-se a realização de um estudo semelhante a este TII, mas focado na SRR Santa Maria.



Referências bibliográficas

- Bryman, A. (2012). *Social Research Methods* (4.^a Ed.). New York: Oxford University Press Inc.
- Copernicus Marine Environment Monitoring Service. (2022a). *Global ocean physical multi year product* [Base de dados]. doi: 10.48670/moi-00022
- Copernicus Marine Environment Monitoring Service. (2022b). *Global ocean wind L4 reprocessed 6 hourly observations* [Base de dados]. doi: 10.48670/moi-00185
- Creswell, J. W. (2003). *Research design qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (3.^a Ed.). Thousand Oaks: SAGE.
- Cuaran, J., & Leon, J. (2021). Crop Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles: A Review. *Agricultural Reviews*, 2021(42), 121–132. doi: 10.18805/ag.r-180
- Cubber, G., Doroftei, D., Balta, H., Matos, A., Silva, E., Serrano, D., ... Wagemans, R. (2017). Operational Validation of Search and Rescue Robots. Em: V. Zgela (Ed.), *Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice* (pp. 225-255). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/intechopen.69497
- Cubber, G., Doroftei, D., Rudin, K., Berns, K., Matos, A., Serrano, D., ... Ourevitch, S. (2017). Introduction to the Use of Robotic Tools for Search and Rescue. Em: V. Zgela (Ed.), *Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice* (pp. 1-18). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/intechopen.69489
- Cubber, G., Doroftei, D., Serrano, D., Chintamani, K., Sabino, R., & Ourevitch, S. (2013). *The EU-ICARUS project: Developing assistive robotic tools for search and rescue operations*. Paper apresentado na *International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics 2013* da IEEE, Linköping. doi: 10.1109/SSRR.2013.6719323
- Decreto do governo n.º 32/85, de 16 de agosto (1985). *Aprova para adesão a Convenção Internacional sobre Busca e Salvamento Marítimo, de 1979*. Diário da República, 1.^a Série, 187, 2618. Lisboa: Ministério dos Negócios Estrangeiros.
- Decreto-Lei n.º 15/94, de 22 de janeiro (1994). *Cria o Sistema Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo*. Diário da República, 1.^a Série, 18, 322-326. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Dias, T. (2018). *Sistemas não tripulados de aquisição de dados hidrográficos como potenciadores da capacidade hidrográfica das Forças Armadas* (Trabalho de Investigação Individual do Curso de Promoção a Oficial Superior). Instituto Universitário Militar [IUM], Lisboa.



- EMODnet. (2022, 18 de março). Human Activities [Página *online*]. Retirado de <https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php>
- Ergene, Y. (2016). *Analysis of unmanned systems in military logistics* (Tese de Dissertação de Mestrado em Business Administration). Naval Postgraduate School, Monterey.
- European Commission. (2016, 13 de dezembro). Final Report Summary - ICARUS [Página *online*]. Retirado de <https://cordis.europa.eu/project/id/285417/reporting>
- Fernandes, R. (2018). *Risk Management of Coastal Pollution from Oil Spills Supported by Operational Numerical Modelling* (Tese de Dissertação de Doutoramento em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Gonçalves, A. (2017). *Sistemas não tripulados nas Forças Armadas nacionais como potenciadores das suas capacidades* (Trabalho de Investigação Individual do Curso de Estado-Maior Conjunto). IUM, Lisboa.
- Grogan, S., Pellerin, R., & Gamache, M. (2018). *The use of unmanned aerial vehicles and drones in search and rescue operations – a survey*. Paper apresentado na PROLOG 2018 da Logistics Institute, Hull.
- Harlan, J., Terrill, E., Hazard, L., Keen, C., Barrick, D., Whelan, C., ... Kohut, J. (2010). The Integrated Ocean Observing System High-Frequency Radar Network: Status and Local, Regional, and National Applications. *Marine Technology Society Journal*, 44(6), 122-132. doi: 10.4031/MTSJ.44.6.6
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Sabater, J., ... Thépaut, J. (2018). *ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present* [Base de dados]. doi: 10.24381/cds.adbb2d47
- Illowsky, B., & Dean, S. (2013). *Introductory Statistics* (1.^a Ed.). Houston: Openstax.
- IMO, & ICAO. (2016). *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual* (10.^a Ed.). Montréal: Canada.
- Jurevičius, R., Goranin, N., Janulevičius, J., Nugaras, J., Suzdalev, I., & Lapusinskij, A. (2019). Method for real time face recognition application in unmanned aerial vehicles. *Aviation*, 23(2), 65–70. doi: 10.3846/aviation.2019.10681
- Konrad, R., Serrano, D., & Strupler, P. (2017). Unmanned Aerial Systems. Em: V. Zgela (Ed.), *Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice* (pp. 37-52). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/intechopen.69490
- Kum, B.C., Shin, D.H., Jang, S., Lee, S. Y., Lee, J. H., Moh, T., ... Cho, J. H. (2020). Application of unmanned surface vehicles in coastal environments: Bathymetric survey



- using a multibeam echosounder. *Journal of Coastal Research*, 95(Special Issue), 1152–1156. doi: 10.2112/SI95-223.1
- Lobo, V. (2015). ICARUS - Robótica para Busca & Salvamento [Página *online*]. Retirado de http://www-archive.inesctec.pt/crob/noticias-eventos/nos-na-imprensa/icarus-robotica-para-busca-salvamento-revista-da-marinha?set_language=pt
- Madureira, C. (2018). Redução e envelhecimento do emprego público em Portugal no início do século XXI: que consequências esperar?. *Lusíada*, 24(2018), 59–77.
- Marinha. (2016). *Protocolo de colaboração entre a Marinha e a UAVision*. Lisboa: s.n.
- Marques, M. M., Parreira, R., Lobo, V., Martins, A., Matos, A., Cruz, N., ... Beglerovic, H. (2016). *Use of multi-domain robots in search and rescue operations - Contributions of the ICARUS team to the euRathlon 2015 challenge*. Paper apresentado na *OCEANS 2016 da IEEE, Shanghai*. doi: 10.1109/OCEANSAP.2016.7485354
- Matos, A., Silva, E., Almeida, J., Martins, A., Ferreira, H., Ferreira, B., ... Lobo, V. (2017). Unmanned Maritime Systems for Search and Rescue. Em: V. Zgela (Ed.), *Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice* (pp. 77-92). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/intechopen.69492
- Ministério da Defesa Nacional (MDN). (2014). *Sistema de Forças 2014*. Lisboa: MDN, Conselho de Chefes de Estado-Maior.
- National Search and Rescue Committee. (2016). *Unmanned aircraft system search and rescue addendum to the national search and rescue supplement to the international aeronautical and maritime search and rescue manual* (Relatório). Washington, D.C: Autor.
- NotíciasUP. (2019, 6 de março). FEUP assina protocolo com a Marinha Portuguesa [Página *online*]. Retirado de <https://noticias.up.pt/lsts-da-feup-assina-protocolo-com-a-marinha-portuguesa/>
- O'Rourke, R. (2022). *Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress* (Relatório R45757). Washington, D.C: Autor.
- Oettershagen, P., Melzer, A., Mantel, T., Rudin, K., Lotz, R., Siebenmann, D., ... Siegwart, R. (2015). *A solar-powered hand-launchable UAV for low-altitude multi-day continuous flight*. Paper apresentado na *International Conference on Robotics and Automation 2015* da IEEE, Seattle. doi:10.1109/ICRA.2015.7139756
- Oettershagen, P., Melzer, A., Mantel, T., Rudin, K., Stastny, T., Wawrzacz, B., ... Siegwart, R. (2017). Design of small hand-launched solar-powered UAVs: From concept study



- to a multi-day world endurance record flight. *Journal of Field Robotics*, 34(7), 1352–1377. doi:10.1002/rob.21717
- Paduan, J. D., & Washburn, L. (2013). High-frequency radar observations of ocean surface currents. *Annual Review of Marine Science*, 5(1), 115–136. doi: 10.1146/annurev-marine-121211-172315
- Páscoa, T. (2020). *Emprego de Sistemas Aéreos Não-Tripulados pelas Forças Armadas* (Trabalho de Investigação Individual do Curso de Estado-Maior Conjunto). IUM, Lisboa.
- Pinto, A. (2021). *Edificação da Capacidade UAS nas FFAA Portuguesas* (Trabalho de Investigação Individual do Curso de Promoção a Oficial General). IUM, Lisboa.
- Relvas, P., Barton, E. D., Dubert, J., Oliveira, P. B., Peliz, Á., da Silva, J. C. B., & Santos, A. M. P. (2007). Physical oceanography of the western Iberia ecosystem: Latest views and challenges. *Progress in Oceanography*, 74(2–3), 149–173. doi: 10.1016/j.pocean.2007.04.021
- Roarty, H., Cook, T., Hazard, L., Harlan, J., Cosoli, S., Wyatt, L., ... Matta, K. S. (2019). The global high frequency radar network. *Frontiers in Marine Science*, 6(MAR). doi: 10.3389/fmars.2019.00164
- Santos, L. A. B., & Lima, J. M. M. (Coord.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2.^a Ed., revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Serrano, D., Cubber, G., Leventakis, G., Chrobocinski, P., Moore, D., & Govindaraj, S. (2015). *ICARUS and DARIUS approaches towards interoperability*. Paper apresentado na 8th Workshop on Robotics for Risky Environments da IARP, Lisboa.
- Solabarrieta, L., Frolov, S., Cook, M., Paduan, J., Rubio, A., González, M., ... Charria, G. (2016). Skill assessment of HF radar-derived products for Lagrangian simulations in the Bay of Biscay. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 33(12), 2585–2597. doi:10.1175/JTECH-D-16-0045.1
- Stevenson, B. (2018). Unmanned Vehicles for 2025. *Military Technology*, 42(2), pp. 48–50. Retirado de <http://www.aeragnostics-sys.com>
- Stewart, R. H., & Joy, J. W. (1974). HF radio measurements of surface currents. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 21(12), 1039–1049. doi: 10.1016/0011-7471(74)90066-7



- Szabolcsi, R. (2016). *Beyond Training Minimums – A New Concept of the UAV Operator Training Program*. Paper apresentado na *International Conference Knowledge-Based Organization* da Nicolae Balcescu Land Forces Academy, Sibiu. doi: 10.1515/kbo-2016-0096
- Thiels, C. A., Aho, J. M., Zietlow, S. P., & Jenkins, D. H. (2015). Use of Unmanned Aerial Vehicles for Medical Product Transport. *Air Medical Journal*, 34(2), 104–108. doi: 10.1016/j.amj.2014.10.011
- Tovar-Sánchez, A., Román, A., Roque-Atienza, D., & Navarro, G. (2021). Applications of unmanned aerial vehicles in Antarctic environmental research. *Scientific Reports*, 11(1), 21717. doi: 10.1038/s41598-021-01228-z
- UAVision Aeronautics. (2021). Unmanned Systems [Página online]. Retirado de <https://www.uavision.com/products>
- Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, 10 de dezembro de 1982. Retirado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623\(01\)&from=EL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623(01)&from=EL)
- Velusamy, P., Rajendran, S., Mahendran, R. K., Naseer, S., Shafiq, M., & Choi, J.-G. (2021). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Precision Agriculture: Applications and Challenges. *Energies*, 15(1), 217. doi: 10.3390/en15010217
- Wirth, L., Oettershagen, P., Ambuhl, J., & Siegwart, R. (2015). *Meteorological path planning using dynamic programming for a solar-powered UAV*. Paper apresentado na *Aerospace Conference 2015* da IEEE, Big Sky. doi: 10.1109/AERO.2015.7119284
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research Design and Methods* (3.^a Ed.). Thousand Oaks: SAGE.
- Zhou, H., Lynch, J., & Zekkos, D. (2022). Autonomous wireless sensor deployment with unmanned aerial vehicles for structural health monitoring applications. *Structural Control and Health Monitoring*, 29(6), 2942. doi: 10.1002/stc.2942



Apêndice A – Modelo de análise

Quadro 9 – Modelo de análise

| Utilização de Sistemas Não Tripulados no apoio às Operações de Busca e Salvamento Marítimo em Regiões Costeiras | | | |
|---|---|-------------------------|---|
| Objeto de Estudo | Sistemas não tripulados | Delimitação | Tempo: 2013 a 2021; Espaço: região costeira de Portugal continental, desde a linha de costa até aos 150 km de distância; Conteúdo: apoio às operações de SAR marítimo durante a fase de busca. |
| Objetivo Geral | Analisar a exequibilidade de empregar SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental. | Questão Central | Qual é a exequibilidade de empregar SNT para apoio às operações de SAR marítimo na região costeira de Portugal continental? |
| Objetivos Específicos | | Questões Derivadas | |
| OE 1 | Caracterizar os SNT da Marinha e da FA. | QD 1 | Quais as características dos SNT da Marinha e da FA? |
| OE 2 | Caracterizar SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo. | QD 2 | Quais as características de SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo? |
| OE 3 | Caracterizar os eventos de SAR marítimo na região em estudo, em termos de distribuição espacial e condições METOC. | QD 3 | Quais as características dos eventos de SAR marítimo na região em estudo, em termos de distribuição espacial e condições METOC? |
| OE 4 | Examinar outros projetos em desenvolvimento na Marinha que poderão apoiar as operações de SAR costeiro com SNT. | QD 4 | De que forma outros projetos em desenvolvimento na Marinha poderão apoiar as operações de SAR costeiro com SNT? |
| Conceitos | Técnicas de recolha | Dimensões | Indicadores |
| Sistemas não tripulados | Análise documental e entrevistas semiestruturadas | Características dos SNT | Modelo, alcance, autonomia, velocidade, <i>payload</i> , limites de operação (vento/ondulação/precipitação) |
| SAR marítimo | Processamento e análise de dados | Eventos SAR | Distribuição espacial, vento, ondulação, precipitação |
| Projetos para apoio ao SAR marítimo em desenvolvimento na Marinha | Análise documental e entrevistas semiestruturadas | Projetos identificados | Estado de desenvolvimento em que se encontram, vantagens na utilização para apoio ao SAR |



Apêndice B – Guiões das entrevistas

| Cargo | Nome |
|--|--------------------------|
| Chefe da Divisão de Oceanografia no Instituto Hidrográfico (entre 2018 e 2022) | CFR EHO Santos Fernandes |
| Objetivos específicos associados à entrevista | |
| OE 4 - Examinar outros projetos em desenvolvimento na Marinha que poderão apoiar as operações de busca e salvamento costeiro com SNT. | |

Questões:

1. Na sua opinião será vantajoso utilizar um produto de cálculo de deriva com recurso aos dados da rede de radares HF, quando comparado com o produto atualmente em uso, também desenvolvido pelo IH, e que é disponibilizado ao MRCC?
2. Já se encontra em desenvolvimento algum produto que visa utilizar os dados dos radares HF para calcular derivas nas regiões costeiras, qual o seu estado de desenvolvimento e próximas etapas?
3. Uma vez desenvolvido este programa de deriva, considera que seria vantajosa a sua utilização para apoiar uma operação de busca e salvamento marítimo, durante a fase de busca?
4. Identifica algum outro projeto em desenvolvimento no IH com forte potencial para apoio na busca e salvamento marítimo em regiões costeiras?



| Cargo | Nome |
|---|----------------------------|
| Chefe da Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados | CTEN STMEC Pinto Guimarães |
| Objetivos específicos associados à entrevista | |
| OE 1 - Caracterizar os SNT da Marinha e da FA. OE 4 - Examinar outros projetos em desenvolvimento na Marinha que poderão apoiar as operações de busca e salvamento costeiro com SNT. | |

Questões:

1. Qual a visão/ambição do CEOV no âmbito do desenvolvimento de SNT (aéreos e de superfície) para apoio às operações de SAR marítimo?
2. Identifica algum outro projeto em desenvolvimento pelo CEOV que poderá apoiar as operações de busca e salvamento costeiro?



| Cargo | Nome |
|--|----------------------|
| Chefe do Serviço de Aeronaves não tripuladas na Esquadrilha de Helicópteros | 1TEN Basílio Valente |
| Objetivos específicos associados à entrevista | |
| OE 1 - Caracterizar os SNT da Marinha e da FA. OE 2 - Caracterizar SNT desenvolvidos na Europa especificamente para SAR marítimo. OE 4 - Examinar outros projetos em desenvolvimento na Marinha que poderão apoiar as operações de busca e salvamento costeiro com SNT. | |

Questões:

1. Qual a visão/ambição da EH no âmbito da utilização de UAV na Marinha?
2. No âmbito dos UAV, de que meios (modelos/características e limites de operação) é que a Marinha dispõe atualmente?
3. Desde quando é que começaram a operar com estes meios e qual o estado atual de edificação desta capacidade?
4. Na perspetiva da EH, seria exequível empregar algum destes UAV para apoio às operações de SAR marítimo, em regiões costeiras? Necessitariam de alguma adaptação em termos de sensores/*payload*?
5. Quais as maiores limitações na utilização dos atuais UAV da Marinha para o apoio a este tipo de operações? (tais como: alcance, autonomia, velocidade, sensores, limites de operação METOC)
6. Está prevista a aquisição de outros modelos de UAV? Em caso afirmativo, quais as classes, modelos, quantidade e tipo de *payload*?
7. Identifica algum outro projeto em desenvolvimento na Marinha ou na EH que poderá apoiar as operações de busca e salvamento costeiro com UAV?



| Cargo | Nome |
|--|------------------------------|
| <i>Chief Technology Officer (CTO) na Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados</i> | 2TEN EN-MEC Castro Fernandes |
| Objetivos específicos associados à entrevista | |
| OE 1 - Caracterizar os SNT da Marinha e da FA. | |

Questões:

1. Já foi identificado pelo CEOV algum modelo, ou requisitos técnicos, de SNT para empregar estes meios no apoio às operações de SAR marítimo, na região costeira de Portugal Continental?
2. No âmbito dos SNT de superfície, quais os modelos que a Marinha dispõe atualmente?
3. Quais as características e limites de operação (METOC) das plataformas desenvolvidos pelo CEOV?
4. Na perspectiva do CEOV, seria exequível empregar algum dos SNT desenvolvidos para apoio às operações de SAR marítimo, em regiões costeiras? Necessitariam de alguma adaptação em termos de sensores/*payload*?
5. Quais as maiores limitações na utilização dos atuais SNT da Marinha para o apoio a este tipo de operações? (tais como: alcance, autonomia, velocidade, sensores, limites de operação METOC)



Apêndice C – Sucessão de eventos nas demonstrações SAR do projeto ICARUS

Na primeira fase, após chegada do alerta de acidente e indicação da posição aproximada, é lançado um UAS de longo alcance, o AtlantikSolar. O lançamento é realizado manualmente, o que permite que esta ação seja realizada em praticamente todo o tipo de terreno, existindo, no entanto, a limitação associada à fase de recolha desta aeronave que requer uma pista, ainda assim, o facto de ser um UAS de longo alcance possibilita que seja divergido para uma pista no final das operações (Cubber et al., 2017). Após o lançamento, o AtlantikSolar realiza uma trajetória pré-planeada a cerca de 200 m de altitude, durante a qual, e com recurso às câmaras de vídeo e térmica, que possibilitam operações diurnas e noturnas (Matos et al., 2017), são detetados grupos de náufragos (conforme Figura 16) e registadas as suas posições (Serrano et al., 2015). Os sensores EO a bordo deste UAS, a uma altitude entre os 200 e os 300 m, permitem a deteção de grupos de náufragos, mas não a contagem do número de vítimas por grupo (Cubber et al., 2017).

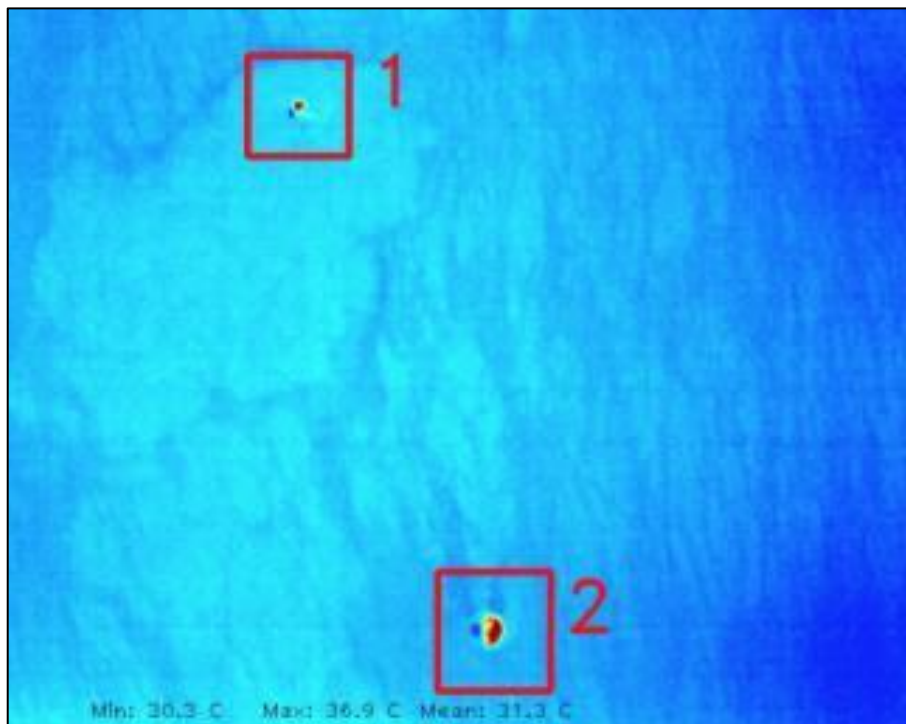


Figura 16 – Deteção de náufragos pelo UAS, através de câmara térmica

Fonte: Disponível em Serrano et al. (2015).

Seguidamente, são enviados simultaneamente: o UAS de asa rotativa AROT, e o USS U-Ranger, com dois UCAP a bordo. O AROT, equipado com o mesmo tipo de sensores EO/IR que o AtlantikSolar, mas realizando o voo a uma menor altitude, é enviado com o



propósito de obter imagens com maior resolução, que permitem a contagem do número de vítimas, dado que esta informação é essencial para o apoio à decisão relativa ao emprego de recursos (Cubber et al., 2017). Supletivamente, o U-Ranger, equipado com um conjunto de sensores EO/IR utilizados para detetar e monitorizar as vítimas (Figura 17), mas também com um RADAR e um *Laser Scanner* essenciais para a deteção de obstáculos, é enviado para junto de um grupo de vítimas, com o objetivo de, após chegar à posição, largar um UCAP que se aproxima lentamente das vítimas e liberta uma balsa salva-vidas insuflada, permitindo a subida destas para a balsa (Serrano et al., 2015).

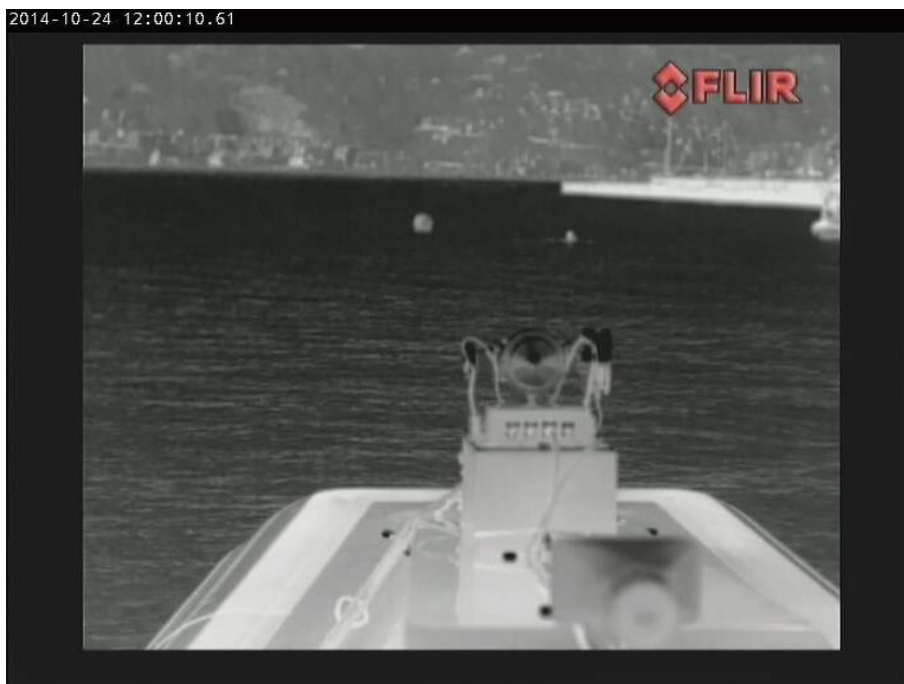


Figura 17 – Deteção de naufragos pelo USS, através de câmara térmica.

Fonte: Disponível em Matos et al. (2017b).

Durante a demonstração final das capacidades desenvolvidas pelo projeto ICARUS, onde foi simulado um encalhe de um navio de passageiros num baixio, o U-Ranger sofreu um corte nas suas comunicações quando se encontrava a apoiar as vítimas nas proximidades do navio encalhado. Esta foi uma excelente oportunidade para testar a função de relé de comunicações desenvolvida para os UAS que se encontravam ainda em sobrevoo na área de operações, e que além de útil se revelou e eficaz, tendo possibilitado o controlo dos veículos de superfície que se encontravam fora da linha de vista (Cubber et al., 2017).