

SISTEMAS NÃO TRIPULADOS COMO POTENCIADORES DA CAPACIDADE TOPO-HIDROGRÁFICA DAS FORÇAS ARMADAS¹

UNMANNED SYSTEMS AS ENHANCERS OF THE ARMED FORCES' TOPO-HYDROGRAPHIC CAPACITY

Telmo Geraldês Dias

Primeiro-tenente

Licenciado em Ciências Militares Navais pela Escola Naval

Adjunto do Chefe da Secção de Levantamentos Hidrográficos da Divisão de Hidrografia do Instituto Hidrográfico

1249-093 Lisboa, Portugal

geraldes.dias@marinha.pt

Carlos Rúbrio Videira Marques

Capitão-tenente

Mestre em Engenharia Geomática pela Universidade de New Brunswick

Chefe da Secção de Levantamentos Hidrográficos da Divisão de Hidrografia do Instituto Hidrográfico

1249-093 Lisboa, Portugal

videira.marques@marinha.pt

Resumo

A investigação baseou-se no raciocínio indutivo e numa estratégia qualitativa, adotando-se como desenho de pesquisa o caso de estudo, recorrendo à análise documental e a entrevistas semiestruturadas. O objetivo geral foi decomposto em três objetivos específicos. Inicialmente, efetuou-se a caracterização dos sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos, descrevendo como se classificam e distinguindo as respetivas capacidades e técnicas. Posteriormente, detalhou-se a relação existente entre a capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas e o planeamento e execução das suas missões, nas vertentes política e estratégica. Finalmente, evidenciaram-se as melhorias na eficiência e eficácia dos levantamentos topo-hidrográficos que podem advir da utilização de sistemas não tripulados. A investigação permitiu concluir que: os diferentes tipos de sistemas não tripulados possuem potencialidades e vulnerabilidades específicas; a capacidade topo-hidrográfica deve ter um papel destacado na edificação da estratégia de Defesa Nacional; e a utilização de sistemas não tripulados melhora a eficiência e a eficácia da atual capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas.

Palavras-chave: Sistemas não tripulados, hidrografia, topografia, Forças Armadas.

Como citar este artigo: Dias, T. e Marques, C., 2018. Sistemas não Tripulados como Potenciadores da Capacidade Topo-Hidrográfica das Forças Armadas. *Revista de Ciências Militares*, novembro, VI(2), pp. 259-287.
Disponível em: <https://www.ium.pt/cisdi/index.php/pt/publicacoes/revista-de-ciencias-militares>.

¹ Artigo baseado no trabalho de investigação individual do Curso de Promoção a Oficial Superior 2017/2018. A defesa ocorreu em junho de 2018 no Instituto Universitário Militar.

Abstract

This study used an inductive approach, a qualitative research methodology and a case study research strategy with documentary analysis and semi-structured interviews. The general objective was broken down into three specific objectives. The study begins by describing unmanned systems for topo-hydrographic data collection according to capabilities and techniques. Next, the study examined the relationship between the Armed Forces' topo-hydrographic capacity and the planning and execution of the Armed Forces missions from a political and strategic perspective. Finally, the study explained how unmanned systems can enhance the efficiency and effectiveness of topo-hydrographic surveying. It was found that: different types of unmanned systems have specific strengths and weaknesses; topo-hydrographic capacity should play a prominent role in the National Defence strategy; the use of unmanned systems enhances the efficiency and effectiveness of the Armed Forces' topo-hydrographic capacity.

Keywords: *Unmanned systems, hydrography, topography, Armed Forces.*

Introdução

A aplicação de sistemas não tripulados (SNT) de aquisição de dados topo-hidrográficos tem aumentado, globalmente, a um ritmo exponencial (Potgieter, 2016). O seu emprego e crescente desenvolvimento tecnológico tem permitido aumentar a eficiência dos levantamentos topo-hidrográficos (LTH), bem como possibilitar o acesso a áreas anteriormente insondáveis, devido às limitações técnicas dos equipamentos ou aos riscos humanos e materiais associados (Russon, 2015). Neste âmbito, várias entidades de referência no domínio da hidrografia, nomeadamente a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (NOAA, 2016b), a Marinha dos Estados Unidos (USN²) e o *Naval Oceanographic Office* (NAVOCEANO) (Sebastian, et al., 2016), têm testado e implementado este tipo de sistemas. Em Portugal, nas Forças Armadas (FFAA), existem alguns estudos relativos à sua possível aplicação, embora não dedicados especificamente à aquisição de dados topo-hidrográficos (Oliveira, 2015) ou orientados unicamente para as plataformas aéreas (Morgado, 2016).

A utilização de SNT, que executem trabalhos de forma autónoma, assentes em processos automatizados, constitui uma oportunidade para as FFAA, face aos desafios que atualmente enfrentam: racionalização e otimização da relação entre produto operacional e recursos (*Smart Defence*); melhoria da eficiência na aplicação de meios; promoção da investigação científica e da inovação (CM, 2013a); redução da despesa com pessoal (CM, 2013b); dificuldade no recrutamento e retenção de pessoal (Lusa, 2018b).

A capacidade topo-hidrográfica das FFAA reside na Marinha e encontra-se prevista na componente operacional do Sistema de Forças (SF), contribuindo para seis das sete áreas

² Sigla em língua inglesa: *United States Navy*.

de capacidade (duas das quais de forma crítica) (CCEM, 2014c), e para o cumprimento de quinze das vinte missões das FFAA (CCEM, 2014b). A sua potenciação concretiza um dos objetivos nacionais conjunturais definidos no Conceito Estratégico de Defesa Nacional (CEDN), que defende o reforço e a dinamização das capacidades científicas e tecnológicas (CM, 2013a).

Neste contexto, o tema desenvolvido neste artigo assume especial atualidade e relevância, analisando de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT.

1. Enquadramento metodológico

1.1. Objeto de estudo

O artigo tem como objeto de estudo a “capacidade topo-hidrográfica das FFAA”. O significado desta capacidade advém da própria definição de hidrografia, expressa como a ciência que mede e descreve as características físicas dos corpos de água, tais como os oceanos, mares, lagos e rios (OHI, 2015), bem como das áreas terrestres adjacentes (NOAA, 2017b). Neste âmbito, a “capacidade topo-hidrográfica” inclui, não apenas a determinação da profundidade e morfologia do fundo marinho (levantamento hidrográfico (LH)), mas também da altitude e morfologia das zonas costeiras (levantamento topográfico (LT)).

Os “SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos” representam a variável independente deste estudo, enquanto a “capacidade topo-hidrográfica das FFAA” constitui a variável dependente. Neste sentido, procurar-se-á, no segundo e terceiro capítulos, caracterizar cada uma das variáveis e, no quarto capítulo, analisar o efeito que a manipulação da variável independente provoca na variável dependente (Vieira, 2009).

Na sequência de estudos anteriores, é expectável que a capacidade topo-hidrográfica, à semelhança das restantes capacidades das FFAA, seja potenciada pela utilização de SNT (Oliveira, 2015). Este efeito potenciador será analisado segundo duas perspetivas: melhoria da eficiência, otimizando a relação entre o produto operacional e os recursos despendidos; e melhoria da eficácia, ampliando os cenários de atuação e a qualidade dos produtos finais.

1.2. Objetivos e questões da investigação

O estudo teve como objetivo geral (OG) “analisar de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos”. Tendo em consideração este OG, foram definidos os seguintes objetivos específicos (OE):

- OE1: Caracterizar os SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos;
- OE2: Relacionar a capacidade topo-hidrográfica das FFAA com o planeamento e execução das suas missões;
- OE3: Descrever como a eficiência e a eficácia dos LTH podem ser melhoradas com a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos.

1.3. Metodologia

O desenvolvimento deste estudo encontra-se enquadrado nas camadas que caracterizam a metodologia de investigação científica (Saunders e Tosey, 2013), conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Camadas da metodologia de investigação científica

Fonte: Adaptado a partir de Saunders e Tosey (2013).

A filosofia de pesquisa adotada foi o pragmatismo, abordando diferentes perspetivas, consideradas relevantes, e enfatizando as suas consequências práticas. Neste sentido, recorreu-se ao raciocínio indutivo (Santos e Lima, 2016), procurando obter conclusões gerais a partir da observação e análise de casos particulares. Optou-se por uma estratégia qualitativa, privilegiando a função pessoal e interpretativa do investigador e a lógica da construção do conhecimento (Stake, 1999).

Como desenho de pesquisa utilizou-se o caso de estudo, tendo em consideração os seguintes fatores: o investigador tem pouco controlo sobre os eventos e o objeto de estudo consiste num fenómeno contemporâneo inserido no seu contexto real (Yin, 2001). Assim, seguiu-se uma lógica explanatória, procurando interpretar e explicar a natureza das relações entre as variáveis (Yin, 2012). Uma vez que o estudo foi dirigido a um momento particular no tempo, considerou-se um horizonte temporal transversal.

A investigação recorreu, sobretudo, a dois instrumentos: análise documental e entrevistas semiestruturadas (Flick, 2004), com recolha de informação junto de especialistas e representantes de entidades consideradas relevantes nesta temática, nomeadamente: Instituto Hidrográfico (IH), Centro de Investigação Naval (CINAV), Comando Naval (CN), Destacamento de Mergulhadores Sapadores n.º 3 (DMS3), Estado-Maior da Armada (EMA), Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), Força Aérea (FA), RIEGL³, ASV⁴ e

³ Empresa privada RIEGL – *Laser Measurement Systems* (<http://www.riegl.com>).

⁴ Empresa privada ASV – *Unmanned Marine Systems* (<https://www.asvglobal.com>).

Kongsberg⁵. A análise dos dados provenientes das múltiplas fontes, sucedida pela triangulação da respetiva informação, permitiu cumprir o OG da investigação.

2. Sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos

2.1. Classificação dos sistemas não tripulados

Os SNT caracterizam-se por não albergarem presença humana, podendo ser configurados em três tipos de plataforma:

- Aérea, designada por *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV);
- De superfície, designada por *Unmanned Surface Vehicle* (USV);
- Submarina, designada por *Unmanned Underwater Vehicle* (UUV).

Consoante a interação com o operador, estes podem também ser classificados em:

- Autónomos, quando operam independentemente, após receberem uma determinada tarefa programada (por exemplo, no caso dos UUV, designam-se por *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV));
- Operados remotamente, quando são controlados à distância, normalmente através de um cabo umbilical (por exemplo, no caso dos UUV, designam-se por *Remotely Operated Vehicle* (ROV)).

O aperfeiçoamento dos sistemas de posicionamento dinâmico e dos sensores de bordo (Hydro, 2018) tem potenciado a prevalência da operação autónoma, face às limitações de manobrabilidade e de alcance inerentes à operação remota (Giodini et al., 2015).

Esta classificação não é definitiva nem os termos empregues são consensuais, existindo diversas variantes (AltiGator, 2018). No entanto, por uma questão de harmonização, foi a adotada neste artigo.

2.2. *Unmanned Aerial Vehicle*

Atualmente, nos UAV, a aquisição de dados topo-hidrográficos pode ser realizada através de duas técnicas: fotografia aérea e *Light Detection And Ranging* (LiDAR) (Higgins, 2016). No que respeita à fotografia, já existem estudos que indicam ser viável a determinação da batimetria através de imagens obtidas com UAV, embora não ainda com a precisão adequada (Aarnink, 2017). Considerando que esta técnica apenas se encontra consolidada, exclusivamente, para LT, não será desenvolvida neste estudo. Neste sentido, será relevado o LiDAR, especificamente o batimétrico, uma vez que permite, simultaneamente, a execução de LT e de LH.

O LiDAR batimétrico emite dois feixes laser com diferentes comprimentos de onda: 1064 nm (infra-vermelho), que é refletido na superfície da água; e 532 nm (verde), que penetra na coluna de água e é refletido no fundo. A diferença de tempo, que se traduz em distância percorrida, entre a emissão e receção do feixe verde, permite determinar a profundidade.

Um sistema LiDAR é geralmente composto por um *laser scanner* que emite e recebe os feixes e um sistema integrado de navegação, que contempla um sensor inercial (IMU⁶) que

⁵ Empresa privada Kongsberg Maritime (<https://www.km.kongsberg.com>).

⁶ Sigla em língua inglesa: *Inertial Measurement Unit*.

determina a atitude da plataforma (*roll*, *pitch* e *yaw*) e um recetor *Global Navigation Satellite System* (GNSS) (Quadros, 2016). Comparativamente com outros sistemas, apresenta diversas vantagens, destacando-se apenas as que lhe são exclusivas: a instalação numa plataforma aérea traduz-se em menor tempo de sondagem para uma mesma área (maior eficiência), e em menor risco no levantamento de áreas perigosas; produz uma grande densidade de medições por unidade de área e permite que, ao contrário dos sistemas acústicos, a largura da faixa sondada não dependa da profundidade, mas sim da altitude de voo. No entanto, atualmente, as limitações evidenciadas pelo LiDAR batimétrico ainda são significativas, no que se refere, exclusivamente, a LH. A penetração do feixe laser depende da transparência da água (normalmente, até à profundidade de Secchi⁷) e da agitação marítima, assim como da presença de ervas marinhas ou algas. Estes fatores afetam o desempenho do sistema e delimitam o seu âmbito de aplicação (intervalo de profundidades). O alcance pode ser estendido, embora implique um compromisso: ao incrementar a potência do feixe laser e a duração do impulso, é possível aumentar o alcance em profundidade, implicando, no entanto, uma menor densidade de medições (Quadros, 2016).

O principal desafio na instalação deste tipo de sistemas em UAV está relacionado com o seu peso. Neste âmbito, algumas indústrias têm desenvolvido soluções específicas: a *YellowScan*⁸ desenvolveu sistemas ligeiros para UAV, por enquanto apenas de âmbito topográfico (YellowScan, 2018); e a *RIEGL* já comercializa um sistema (*BathyCopter*) (RIEGL, 2018) com capacidade topo-hidrográfica (Mandlbürger et al., 2016), conforme ilustrado na Figura 2. No entanto, a vulgarização do emprego de UAV e o constante desenvolvimento da tecnologia LiDAR, mais recentemente com o *Focal Plane Array* (FPA) LiDAR, parecem indicar que este desafio será vencido a curto prazo (Higgins, 2014).



Figura 2 – UAV de aquisição de dados topo-hidrográficos (RIEGL BathyCopter)

Fonte: RIEGL (2018).

⁷ A profundidade de Secchi é a profundidade a partir da qual o disco de Secchi deixa de ser visível por um observador colocado acima da superfície, quantificando a transparência ou a turbidez da coluna de água. O disco de Secchi consiste num disco circular, com quadrantes intercalados de cor branca e preta, com 20 a 30 cm de diâmetro.

⁸ Empresa privada *YellowScan* (<https://www.yellowscan.fr>).

2.3. Unmanned Surface Vehicle

Os USV de aquisição de dados topo-hidrográficos são a plataforma que mais tem evoluído nos últimos anos, estando disponíveis várias opções (Geo-matching, 2018). A principal justificação para o célere desenvolvimento destes sistemas, baseia-se no facto de utilizarem tecnologia consolidada, adaptada de embarcações de sondagem de maiores dimensões. Contrariamente aos UAV, cujas técnicas de sondagem ainda não oferecem resultados suficientemente precisos, os USV utilizam sistemas acústicos, especialmente os sondadores multifeixe (SMF), em desenvolvimento há mais de 55 anos (Theberge, 2013).

Atualmente, existem diversos estudos que confirmam a eficiência dos USV em LH, tendo já sido empregues com sucesso em diferentes ambientes: levantamentos *offshore* (Orthmann, 2016), costeiros (Williams, 2016) e portuários (Hydro, 2017c). Os resultados obtidos têm, inclusivamente, despertado o interesse de entidades de referência no domínio da hidrografia, nomeadamente a NOAA (NOAA, 2016a).

Um USV com capacidade hidrográfica é geralmente composto por um sondador acústico, preferencialmente um SMF, e um sistema integrado de navegação, podendo ser complementado com um perfilador de velocidade do som (SVP⁹), indispensável para o traçado do raio acústico ao longo da coluna de água (Williams, 2016), e um sonar lateral que complemente a informação entre fiadas, em levantamentos sem sobreposição entre faixas sondadas (Orthmann, 2016). Adicionalmente, poderá ainda ser instalado um *laser scanner* topográfico (Renishaw, 2018) capaz de dotar a plataforma com capacidade topo-hidrográfica (Renishaw, 2015), conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3 – USV de aquisição de dados topo-hidrográficos (ASV C-Target 3)

Fonte: Renishaw (2018).

A principal limitação no emprego de USV na execução de LTH prende-se com o estado do mar. A agitação marítima pode afetar, não só a projeção do USV a partir do navio-base, mas também a qualidade dos dados adquiridos, elevando os valores de atitude acima dos

⁹ Sigla em língua inglesa: *Sound Velocity Profiler*.

limites compensados pelo sistema. A corrente pode ainda afetar a manobrabilidade do USV, caso a sua propulsão não tenha potência suficiente. No entanto, a construção de plataformas mais estáveis e robustas, bem como a orientação da sua aplicação para áreas mais abrigadas permite ultrapassar esta limitação.

2.4. *Unmanned Underwater Vehicle*

Os UUV constituem o SNT desenvolvido e utilizado há mais tempo. Inicialmente, foram empregues profusamente pela indústria petrolífera e do gás, no mapeamento detalhado do fundo marinho e na inspeção de condutas submarinas (*pipelines*). No entanto, nos últimos anos as vantagens na sua aplicação têm sido amplamente reconhecidas por instituições científicas (NOAA, 2013) e militares, nomeadamente a NAVOCEANO (Kongsberg, 2017) e a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) (Hydro, 2017a).

Comparativamente aos restantes SNT, os UUV apresentam as seguintes vantagens exclusivas: a nível militar, são de difícil deteção, podendo operar furtivamente em ambientes hostis; são polivalentes, podendo operar a diferentes profundidades, em ambiente portuário, costeiro ou oceânico; a nível técnico, conseguem preservar uma distância constante ao fundo, mantendo uma largura fixa da faixa sondada (Sebastian et al., 2016)), e permitem inspecionar com maior detalhe objetos submarinos e mapear o fundo marinho com melhor resolução. A Figura 4 ilustra um exemplo de um UUV.



Figura 4 – UUV de aquisição de dados hidrográficos (Kongsberg REMUS)

Fonte: Kongsberg (2017).

Um UUV com capacidade hidrográfica é geralmente composto por um sondador acústico, preferencialmente um SMF ou um sonar de abertura sintética (SAS), um sonar lateral, um sistema de posicionamento acústico e um sistema de navegação inercial (INS¹⁰), constituído por um IMU e um *Doppler Velocity Log* (DVL). Uma vez que o sinal GNSS não é recebido em

¹⁰ Sigla em língua inglesa: *Inertial Navigation System*.

ambiente submarino, o posicionamento rigoroso dos UUV é assegurado através de métodos alternativos. O sistema acústico determina a posição através de uma rede de *transponders* instalados no navio-base e na área de sondagem (*Underwater Transponder Positioning* (UTP)), enquanto o sistema de navegação inercial estima a posição a partir dos dados do IMU e do DVL. A utilização sincronizada e integrada de ambos os métodos melhora significativamente a qualidade do posicionamento (Sebastian et al., 2016)).

O emprego de UUV na execução de LH apresenta duas limitações fundamentais. A primeira, conforme referido, encontra-se relacionada com a determinação da posição, requerendo a integração de vários sistemas em substituição de um simples recetor GNSS. A segunda corresponde às comunicações submarinas. Inicialmente, não era possível comunicar com os UUV após a respetiva projeção (Crimmins e Manley, 2008), comprometendo a sua autonomia, dado que era necessária uma ligação física para receção e envio de informação. Isto fez com que os ROV assumissem um maior protagonismo que os AUV, permitindo a troca de informação através do cabo umbilical. No entanto, a maior manobrabilidade e eficiência dos AUV, tem fomentado o desenvolvimento das comunicações submarinas, baseadas na codificação da informação em ondas acústicas que, na água, se propagam mais eficazmente que as ondas eletromagnéticas (Giodini et al., 2015).

Os desafios inerentes a este tipo de comunicações prendem-se com a natureza do sinal e o próprio ambiente: a largura de banda é limitada pela atenuação do sinal (*transmission loss*), que aumenta com a respetiva frequência, condicionando o volume de informação; o efeito multitrajeto, provocado por várias reflexões do sinal, e o ruído ambiental causam interferências e degradam as comunicações (Giodini et al., 2015); a variação da velocidade de propagação do som ao longo da coluna de água pode originar zonas de sombra, interrompendo as comunicações. Estudos recentes têm abordado a transmissão de vídeo, de momento exequível até aos 200 m de profundidade (Kortnieiev et al., 2016), bem como os protocolos de comunicações submarinas e a interoperabilidade entre os sistemas existentes (Hydro, 2017b).

3. Capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas

3.1. Análise político-estratégica

O Ciclo de Planeamento de Defesa Militar (CPDM), que integra o processo de Planeamento de Defesa Militar (PDM), baseia-se na edificação de capacidades militares, em sincronia com o ciclo de planeamento da OTAN e com o processo de desenvolvimento de capacidades da União Europeia (UE). Uma capacidade militar é definida como o conjunto de elementos funcionais, estruturantes e complementares, que contribuem para a realização de tarefas ou concretização de efeitos operacionais, englobando componentes de doutrina, organização, treino, material, liderança, pessoal, infraestruturas e interoperabilidade (DOTMLPPI) (MDN, 2014).

O SF, documento estruturante das Opções Estratégicas Militares e gerado a jusante do Conceito Estratégico Militar (CEM) e das Missões das Forças Armadas (MIFA), define o conjunto de capacidades que as FFAA devem deter a fim de assegurar o cumprimento das

suas missões (AR, 2009). Neste sentido, o SF organiza as capacidades dos ramos das FFAA em áreas de capacidade de natureza conjunta, com base nos cenários de atuação, objetivos estratégicos militares, nível de ambição e prioridade de emprego, correlacionando-as com as MIFA (CCEM, 2014a).

A capacidade topo-hidrográfica das FFAA, referenciada no SF como capacidade oceanográfica e hidrográfica, é uma das 11 capacidades que residem na Marinha. Ela contribui para seis das sete áreas de capacidade, duas das quais de forma crítica, e para o cumprimento de quinze das vinte missões das FFAA, transversais aos seis cenários de emprego (CCEM, 2014c). Na Figura 5 é apresentado o investimento total previsto na Lei de Programação Militar (LPM) para o desenvolvimento desta capacidade, no período de 2015 a 2026, o quinto valor mais elevado face aos das restantes capacidades da Marinha (AR, 2015).

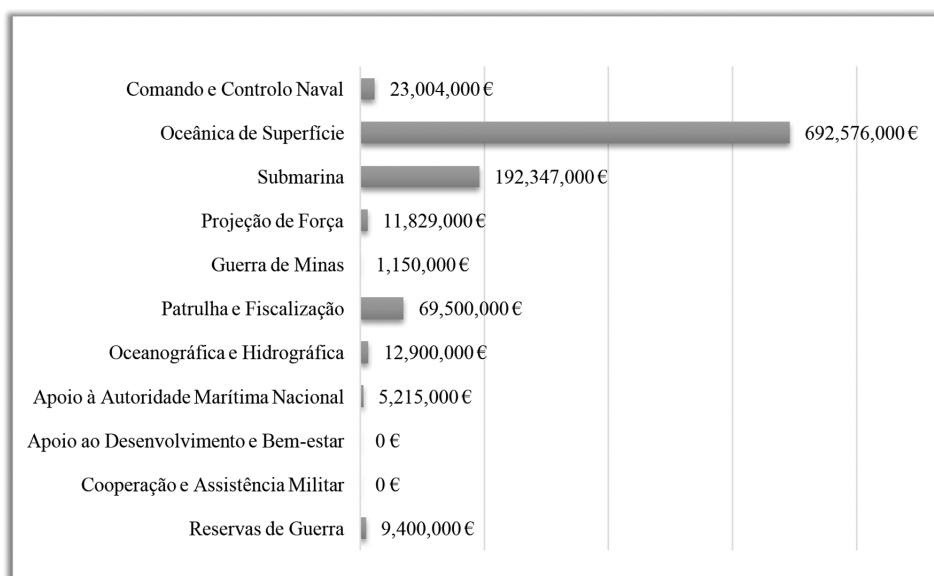


Figura 5 – Investimento programado nas capacidades da Marinha (2015 a 2026)

Fonte: Adaptado a partir de AR (2015).

O planeamento assente na edificação de capacidades exige uma adequada definição de requisitos e uma atempada identificação de lacunas, assim como a conveniente priorização das capacidades a desenvolver (MDN, 2011). Politicamente, encontra-se atribuída prioridade às capacidades que contribuam para: missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma; vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional; e resistência contra ciberataques (MDN, 2014).

3.1.1. Resistência contra ciberataques

A cibercriminalidade encontra-se identificada no CEDN como uma das principais ameaças de natureza global (CM, 2013a). Neste âmbito, tem-se verificado nos últimos anos

uma preocupação crescente com a segurança dos cabos submarinos (Sechrist, 2010). Estes cabos transportam 95% das comunicações de voz e dados mundiais (Matis, 2012), sendo responsáveis por 99% do tráfego total da Internet (Gray, 2016). Consequentemente, a sua interceção pode ter um resultado catastrófico na economia e segurança das nações.

A título de exemplo, em 2006, um sismo a sul de Taiwan cortou nove cabos que levaram 49 dias a restaurar, afetando sete países. Segundo uma perspetiva económica, o *International Cable Protection Committee* (ICPC) estima que a suspensão das comunicações submarinas possa ter um impacto financeiro aproximado de 1,5 milhões de dólares por hora (Matis, 2012). Numa perspetiva securitária, a apreensão incide também na possibilidade de interceção ou escuta das comunicações, algo já realizado pelos Estados Unidos da América (EUA) em 1971, na operação *Ivy Bells*. Neste sentido, a movimentação de submarinos russos junto a cabos submarinos (Sanger & Schmitt, 2015) e a divulgação das valências do navio hidro-oceanográfico *Yantar* nesta área (Peter, 2018), têm sido encaradas como provocatórias e prenunciadoras de uma possível ofensiva (Dorminey, 2015). A Figura 6 ilustra os cabos submarinos que cruzam os espaços marítimos nacionais.

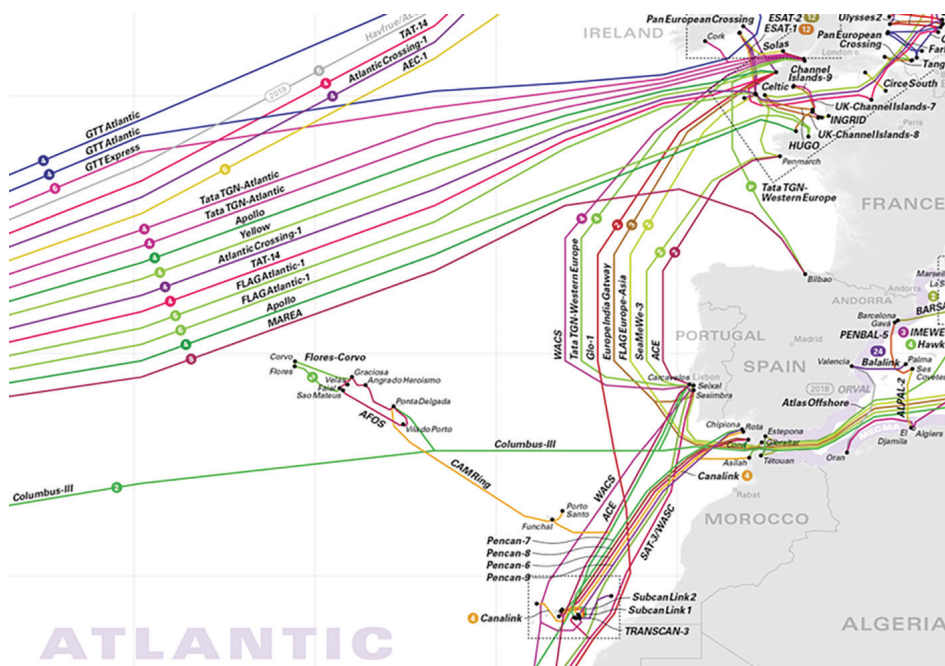


Figura 6 – Cabos submarinos que cruzam os espaços marítimos nacionais

Fonte: TeleGeography (2018).

Nesta ótica da cibersegurança e da segurança física das linhas de comunicação submarinas, a capacidade topo-hidrográfica assume especial importância, como técnica indispensável para o planeamento, colocação, inspeção e reparação de cabos submarinos, bem como para a sua identificação e rastreio (NOAA, 2017a).

3.1.2. Vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional

A dimensão dos espaços marítimos nacionais, tendo em consideração a proposta de extensão da plataforma continental (PC) submetida à Organização das Nações Unidas (ONU), conforme ilustrado na Figura 7, exige um modelo de vigilância sustentável e eficaz. A otimização deste processo depende, necessariamente, do conhecimento pormenorizado dos fundos marinhos e da identificação de locais com interesse científico e económico, uma vez que é impossível gerir o que não se mede (Liquid Robotics, 2017). Para que a economia do mar continue a crescer, é necessário preservar todo o ecossistema marítimo. Neste sentido, o mapeamento detalhado dos espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional, efetivado através da capacidade topo-hidrográfica, consiste numa premissa essencial para a eficiência da sua proteção.

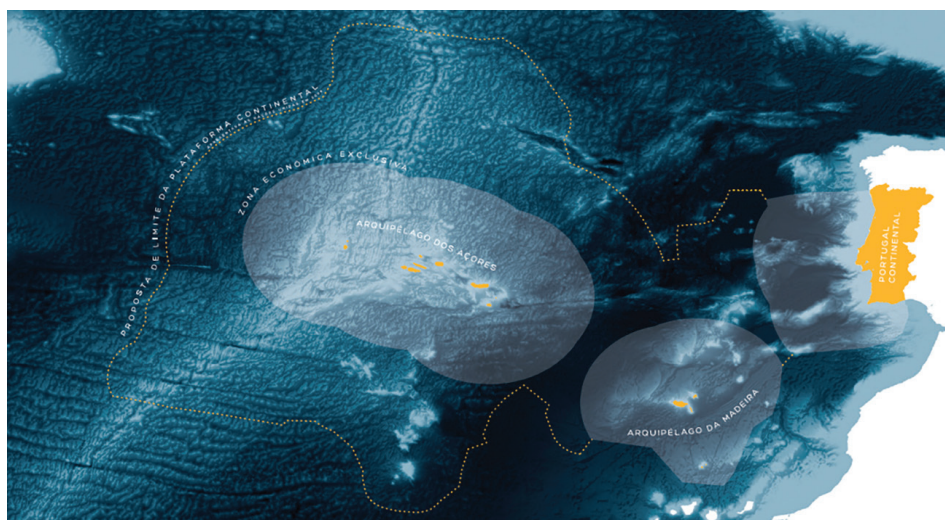


Figura 7 – Proposta de extensão da PC nacional

Fonte: EMEPC (2014).

O conhecimento dos fundos marinhos também constitui uma condição decisiva na afirmação internacional do país. Os espaços marítimos nacionais são frequentemente alvo de cruzeiros científicos estrangeiros, com o intuito de identificar recursos com potencial económico (Silva, 2012). As normas legais internacionais atribuem ao Estado português jurisdição sobre a investigação científica realizada na sua zona económica exclusiva (ZEE) (AR, 1997). A sua execução é autorizada pelo Ministério dos Negócios Estrangeiros (MNE) e prevê a disponibilização dos resultados e conclusões finais, bem como o acesso aos dados e amostras resultantes do projeto (Silva, 2015). Relativamente à PC, Portugal detém soberania para efeitos de exploração e aproveitamento dos seus recursos naturais, salvaguardando que, caso não o faça, ninguém poderá empreender essas atividades sem o seu expresse consentimento (AR, 1997). Neste âmbito, o desenvolvimento da capacidade topo-hidrográfica

apresenta duas vantagens estratégicas: o conhecimento gerado robustece a posição negocial do Estado português, enquanto simultaneamente o credibiliza como eventual parceiro em atividades de investigação, desenvolvimento e inovação (IDI).

3.1.3. Missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma

A participação em teatros internacionais, no âmbito da segurança cooperativa, defesa coletiva ou num quadro autónomo, por exemplo, para salvaguarda de cidadãos portugueses em áreas de crise ou conflito (MDN, 2014), requer um planeamento específico, para o qual contribuem de forma determinante, entre outros fatores, um adequado reconhecimento das características topo-hidrográficas do cenário (OTAN, 2013). Ao nível político-estratégico salienta-se que a capacidade topo-hidrográfica contribui de forma crítica para as áreas de capacidade “conhecimento situacional” e “mobilidade e projeção” (CCEM, 2014c), fundamentais para o cumprimento do tipo de missões referidas supra.

A capacidade topo-hidrográfica, essencialmente de natureza técnico-científica, pode também funcionar como vetor de progresso das FFAA e do país. Empreendimentos nesta área podem conduzir a avanços tecnológicos significativos, à semelhança do verificado com, por exemplo, o *Global Positioning System* (GPS), o *Radio Detection and Ranging* (RADAR) (Shu, 2014) e a Internet (Strickland, 2010), que derivaram de projetos de defesa e de pesquisa militar. Neste sentido, o desenvolvimento desta capacidade pode representar uma possibilidade de especialização nacional, em que Portugal assuma uma posição de vanguarda, articulada com os restantes parceiros da OTAN (*Smart Defence*) e da UE (*Pooling and Sharing*) (MDN, 2014). A relevância da capacidade topo-hidrográfica é atualmente reconhecida por diversos países com tradição e ambição marítima, de que são exemplo, os EUA (Delgado, 2009), o Canadá (Eelhart, 2013), a Inglaterra (Evans, 2013), a França (Malik, 2016), a Rússia (Davis, 2015), a China (Hydro, 2008), a Austrália (AHS, 2012) e a Nova Zelândia (Defence IQ, 2016).

4. Potenciação da capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas

4.1. Proliferação de sistemas não tripulados

O crescente emprego de SNT tem sido transversal aos diversos setores, com aplicações proveitosas, por exemplo, na indústria, agricultura, segurança e defesa (Handwerk, 2013). A procura por este tipo de tecnologia tem provocado avultados investimentos nas companhias responsáveis pela sua produção, num mercado que aumenta de ano para ano (Wilkens, 2018).

As vantagens dos SNT são facilmente reconhecíveis e estão relacionadas com a dicotomia homem-máquina: maior rendimento em tarefas sistemáticas ou repetitivas e menor exposição ao risco em áreas de perigo ou conflito. No entanto, a massificação da sua utilização tenderá a intensificar alguns desafios, maioritariamente relacionados com a regulamentação do seu uso, por questões éticas, de segurança (Shifter, 2018) e privacidade (Lusa, 2018a).

Segundo a perspetiva descrita supra e atendendo a que a liderança tecnológica contribui para a *first-mover advantage* (Lieberman e Montgomery, 1988), considera-se fundamental

que as FFAA acompanhem o desenvolvimento de SNT, aproveitando as oportunidades e maximizando as potencialidades que advêm do seu emprego.

4.2. Sistemas não tripulados nas Forças Armadas

4.2.1. Marinha

A importância estratégica dos SNT encontra-se identificada pela Marinha desde 2004 (Diretiva Genética de 2004), sob a designação de veículos não tripulados (VENT)¹¹ (CEMA, 2017). Neste sentido, em 2014, a necessidade de UAV foi prevista como atributo de duas das capacidades da Marinha: “oceânica de superfície e “patrulha e fiscalização” (CEM, 2014c). Consequentemente, em 2015, foi criado o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento de Veículos Não Tripulados (GT-VENT), sob a coordenação do EMA (CEMA, 2017).

A exploração operacional de UAV tem sido conduzida pela Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados Aéreos (CEOV), funcionando na estrutura do CN, enquadrada no Núcleo Operacional e de Planeamento do GT-VENT (CEMA, 2017). A CEOV tem como principal objetivo o desenvolvimento, experimentação e validação operacional de SNT, no âmbito de projetos internos e externos (Lança, 2018), de que são exemplo, os protocolos de colaboração assinados com a *Tekever* (Marinha, 2016a) e com a *UAVision* em 2016 (Marinha, 2016b). A aquisição de dados topo-hidrográficos por parte de UAV, apesar de prevista, encontra-se ainda numa fase inicial. O seu desenvolvimento passa pela definição dos conceitos de emprego, das missões associadas e dos respetivos cenários de atuação (Lança, 2018).

No que respeita aos UUV, a experimentação operacional tem estado a cargo do DMS3 (Lamego, 2018), em parceria com o Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática (LSTS) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), fruto de um protocolo de cooperação assinado com a Universidade do Porto (UP) em 2006 (Marinha, 2006). Estes SNT têm sido principalmente utilizados em operações de *Mine Warfare* (MW), para deteção de objetos no fundo, através de sonar lateral, câmara fotográfica e SMF (Lamego, 2018). O exercício *Recognized Environmental Picture* (REP), organizado anualmente, tem permitido a aplicação prática desta tecnologia, bem como testar protocolos de comunicações submarinas entre os UUV, submarinos, navios e boias de superfície (LSTS, 2017), entre os quais o JANUS¹², recentemente desenvolvido pela OTAN (CMRE, 2017). Resultante deste processo bem apoiado e multidisciplinar, a nível das FFAA, os UUV constituem, atualmente, o SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos mais desenvolvido.

Pelo contrário, o emprego operacional de USV é o mais demorado, encontrando-se ainda em fase de preparação do projeto, nomeadamente o *SeaFalcon II* (CINAV, 2018).

¹¹ A Marinha utiliza o termo VENT. Neste TII optou-se pela denominação SNT, entendendo que o termo “sistema”, mais abrangente do que “veículo”, define de melhor forma a tecnologia em questão.

¹² O JANUS é um protocolo de comunicações submarinas desenvolvido pelo *Centre for Maritime Research & Experimentation* (CMRE) da OTAN. A designação deriva do deus romano das aberturas e portais.

4.2.2. Exército

O CIGeoE tem como missão providenciar informação geoespacial ao Exército e a outras entidades, bem como desenvolver atividades de investigação científica e tecnológica (CIGeoE, 2013). Como órgão de referência, no seio do Exército, para a aquisição de dados topográficos, o CIGeoE tem acompanhado atentamente as inovações tecnológicas nesta área, concentrando os seus esforços no processamento fotogramétrico de dados adquiridos com UAV. Embora detenha também a capacidade de processar dados provenientes de LiDAR, esta técnica e análise não foram ainda testadas a partir de UAV (Franco, 2018).

O Exército tem previsto o emprego de UAV em contexto operacional, não dedicados exclusivamente à aquisição de dados topográficos, mas podendo vir a dispor também dessa valência, em caso de necessidade (Franco, 2018). Neste âmbito, salienta-se que o Exército, ao contrário da Marinha, não possui a capacidade topográfica inscrita no SF, mas definiu uma Unidade de Apoio Geoespacial como atributo da capacidade “informações, vigilância, aquisição de objetivos e reconhecimento terrestre” (CCEM, 2014c).

Atualmente, o CIGeoE não possui nenhum UAV. No entanto, fruto de parcerias com universidades e indústrias, tem tido a oportunidade e o interesse de testar plataformas de aquisição e *software* de processamento, bem como de gerar produtos com aplicação prática. O CIGeoE reconhece que, no futuro, os SNT irão abarcar diversas potencialidades, procurando, atualmente, operacionalizar essa tecnologia e adequá-la aos objetivos do Exército e das FFAA (Franco, 2018).

4.2.3. Força Aérea

A investigação de UAV na FA iniciou-se em 2006 através do desenvolvimento de um Sistema de Piloto Automático *MicroPilot* instalado em modelos de avião radio-controlados. Em 2009, a pesquisa nesta área sofreu um grande impulso com o início do projeto de investigação e tecnologia em veículos aéreos não tripulados (PITVANT) (Caetano, 2018). As atividades de IDI nesta área decorreram ao longo de quatro fases e são conduzidas, desde 2015, pelo Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea (CIDIFA) (Morgado, 2016).

Atualmente, a FA dispõe de três tipos de UAV de asa fixa e um de asa móvel, tipo inseto, para missões de natureza furtiva. Encontra-se envolvida em diversos projetos com outros parceiros, nomeadamente, o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC-TEC), o Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel (CEIIA), o Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI) (centros de produção e inovação) e *UAVision* (Caetano, 2018). A sua liderança tecnológica na área dos UAV já lhe permitiu vencer concursos internacionais de aplicação dos referidos meios, designadamente, no controlo de rotas migratórias no mar Mediterrâneo (APANT, 2017).

No que respeita a sensores topo-hidrográficos, em 2015, foram efetuados testes de âmbito fotogramétrico, não tendo sido ainda efetuadas provas com sistemas LiDAR (Caetano, 2018). Neste sentido, a estratégia da FA tem passado pela consolidação das plataformas, de forma a poder integrar os sensores adequados consoante o objetivo do voo.

4.3. Eficiência dos levantamentos topo-hidrográficos

A capacidade topo-hidrográfica é materializada através da execução de LTH. A sua eficiência pode ser melhorada com a utilização de SNT, otimizando a relação entre o produto operacional e os recursos despendidos: tempo, recursos humanos, recursos materiais e recursos financeiros.

4.3.1. Tempo

O fator tempo pode ser subdividido em três parcelas que habitualmente integram um LTH, a que correspondem aproximadamente as seguintes percentagens: movimentação de meios (10%), aquisição de dados (30%) e o respetivo processamento (60%).

Os SNT são meios de menor dimensão que as plataformas tradicionais de sondagem, demorando menos tempo a mobilizar e a desmobilizar. Cumulativamente, o planeamento para a respetiva deslocação não é tão elaborado, necessitando de menos antecedência, o que o torna também mais célere. Por norma, os equipamentos mantêm-se instalados na plataforma quando esta não se encontra a ser utilizada, o que lhe confere um nível de prontidão superior, dispensando as demoradas tarefas de medição de *offsets* entre sensores e provas de aferição (NOAA, 2015). Assim, o seu emprego reforça substancialmente as valências, por exemplo, da Equipa Hidrográfica de Intervenção Rápida (EHIR) (IH, 2014).

Existem alguns estudos publicados que demonstram que a aquisição de dados por SNT é mais rápida do que através dos meios tradicionais (Williams, 2016). No caso dos UAV, esta desigualdade resulta destes empregarem velocidades de sondagem e taxas de aquisição de dados bastante superiores (Quadros, 2016). No caso dos USV, a diferença justifica-se porque estes executam as fiadas com melhor exatidão (menor afastamento lateral), em virtude da prévia programação do percurso, mantido através do posicionamento dinâmico. Nos casos analisados, verificou-se também que o tempo decorrido entre fiadas, que habitualmente representa uma percentagem considerável do tempo de aquisição, é menor nos LTH efetuados com SNT (Williams, 2016).

Os SNT possibilitam que a aquisição de dados decorra, praticamente, sem a intervenção do hidrógrafo. Isto permite-lhe dedicar maior atenção à monitorização da qualidade do levantamento e ao processamento de dados em tempo real, algo que, com recurso aos meios tradicionais, normalmente, só realizaria após terminar a aquisição. Tendo em consideração as percentagens referidas anteriormente, tudo o que provocar a sobreposição do processamento à aquisição, resulta numa avultada poupança de tempo, conforme ilustrado na Figura 8. Com o objetivo de desenvolver esta potencialidade dos SNT, foram desenvolvidos sistemas, nomeadamente, o *CARIS Onboard*, que permitem o processamento em tempo real, enviando informação selecionada da plataforma para o hidrógrafo e facilitando a respetiva supervisão. Num cenário de emprego com vários SNT e apenas uma equipa de hidrógrafos, esta vantagem representa um importante multiplicador de força (CARIS, 2015).

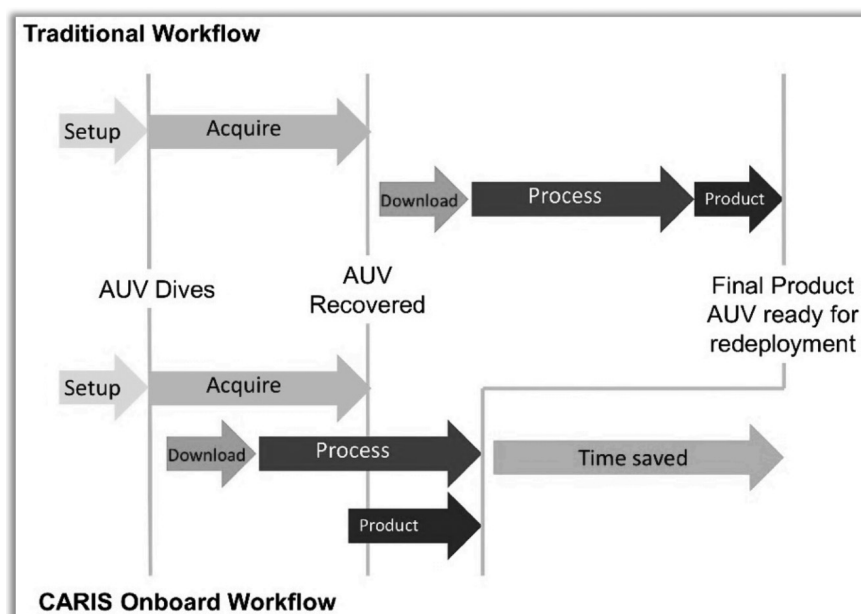


Figura 8 – Poupança de tempo num LTH com processamento em tempo real

Fonte: CARIS (2015).

4.3.2. Recursos humanos

Os SNT têm implícita a racionalização de recursos humanos. Esta poupança traduz-se diretamente na dispensa do patrão da embarcação de sondagem, responsável pela sua manobra e condução.

De forma indireta, os SNT podem reduzir a necessidade de recursos humanos em LTH de grandes dimensões ou com prazos de entrega limitados. Habitualmente, estes trabalhos requerem a presença de mais do que um hidrógrafo no terreno, colocados em diferentes níveis: operacional, responsável pela condução do levantamento (vulgarmente designado por Hidrógrafo do LTH); tático, responsável pela sua execução (vulgarmente designado por Diretor de Sondagem). Conforme referido no parágrafo relativo ao recurso tempo, esta necessidade de duplicação pode ser minorada, uma vez que os SNT libertam o hidrógrafo de tarefas de nível tático, permitindo-lhe desdobrar-se em funções do escalão superior.

A utilização de SNT gera automaticamente um volume de dados superior ao atual, tornando o termo *Big Data* uma realidade também da hidrografia. Neste âmbito, assumem especial importância a efetividade do controlo de qualidade dos dados adquiridos, a celeridade do seu processamento e a disponibilidade dos produtos finais (Rumson, 2018). O desenvolvimento de ferramentas capazes de materializar estas prioridades, exige que os recursos humanos tenham uma formação mais avançada e específica, incluindo competências em novas áreas como a da ciência de dados (*data science*) (Cooper, 2018).

4.3.3. Recursos materiais

Os SNT possuem menor dimensão do que os meios tradicionais de sondagem e, geralmente, uma manutenção menos complexa e gastos com consumíveis (por exemplo, combustível) bastante menores (Cruz e Varela, 2017). Comparativamente, o respetivo transporte logístico é também mais simples, tornando-os uma alternativa mais flexível, envolvendo uma mobilização mais fácil e célere (Mallace, 2018).

Esta vantagem assume extrema importância quando existe necessidade de realizar LTH em áreas distantes da base de origem e se torna indispensável a projeção dos meios. Como exemplo prático, realçam-se os levantamentos efetuados recentemente nos Açores e na Madeira, assim como em Cabo Verde e em São Tomé e Príncipe. Atualmente, para este tipo de trabalhos apenas existem duas soluções: transportar o meio tradicional de sondagem num navio de maiores dimensões, normalmente o Navio da República Portuguesa (NRP) *D. Carlos I* ou o NRP *Almirante Gago Coutinho*; ou enviar os equipamentos por uma transportadora e instalá-los localmente numa embarcação de oportunidade, conforme ilustrado na Figura 9. Qualquer uma das opções apresenta compromissos que os SNT podem contribuir para colmatar: a primeira implica elevados custos financeiros relacionados com a logística do navio; a segunda acarreta alguns riscos técnicos, resultantes da adaptação e utilização de uma embarcação não adequada para o trabalho.



Figura 9 – Embarcação de sondagem de oportunidade com um SMF instalado na proa

Fonte: IH (2014).

4.3.4. Recursos financeiros

A economia financeira encontra-se relacionada com os três recursos referidos anteriormente. Um LTH envolverá, tendencialmente, menos despesa quanto menor for a sua duração, menores forem os recursos humanos envolvidos e mais simples for a respetiva logística.

Os SNT têm um menor custo de mobilização. No entanto, em LTH com áreas de sondagem muito extensas, podem envolver um custo de operação maior, fruto das suas limitações de autonomia e segurança, no que respeita à navegação livre de perigos e às restrições legais de voo (Applanix, 2018). Nesta perspetiva, existe vantagem em empenhar vários SNT, com mais do que um tipo de plataforma (por exemplo, USV e UUV), estendendo significativamente a respetiva *endurance* (Rumson, 2018). A navegação autónoma dos SNT, principalmente dos USV, uma vez que circulam no meio com mais tráfego, tem sido alvo de desenvolvimentos recentes, no âmbito da aprendizagem computacional, de modo a melhorar a sua segurança e evitar colisões (Hydro, 2018).

Atualmente, o valor do investimento inicial na aquisição de SNT, principalmente no que respeita aos UUV, é superior ao dos meios tradicionais (Hart, 2018; Jiménez, 2018; Pita, 2018), prevendo-se, no entanto que este valor diminua com a massificação desta tecnologia.

4.4. Eficácia dos levantamentos topo-hidrográficos

A eficácia dos LTH pode ser melhorada com a utilização de SNT, ampliando os cenários de atuação e a qualidade dos produtos finais. Seguidamente, são descritos, para cada tipo de SNT, os benefícios expectáveis em eficácia.

4.4.1. *Unmanned Aerial Vehicle*

Os UAV operam no meio aéreo, o que confere menor risco à sua operação, encontrando-se isentos das limitações e dos perigos inerentes ao meio aquático, nomeadamente, agitação marítima e corrente. Analogamente, em zonas costeiras com rochedos e escarpas, a sua operação mantém-se proveitosa, numa perspetiva de segurança dos executantes. Neste sentido, concetualmente, são plataformas muito mais eficazes do que as tradicionais, quando as condições meteo-oceanográficas são adversas, no caso da hidrografia, ou quando o terreno é extremamente acidentado, no caso da topografia. No entanto, na prática e no que respeita à hidrografia, as condições adversas não impedem a sua operação, mas limitam o seu desempenho, devido ao seu impacto na penetração do feixe laser na coluna de água.

O maior benefício que os UAV representam em termos de eficácia, encontra-se relacionado com o próprio sistema LiDAR. Este permite aumentar exponencialmente a densidade de medições por unidade de área, quando comparado com os métodos tradicionais, melhorando consideravelmente a resolução e o detalhe dos produtos finais. A título de exemplo, um LT através de métodos tradicionais poderá gerar: através de estação total, uma medição a cada 10 segundos; através de GNSS, uma medição por segundo. Comparativamente, um *laser-scanner* pode produzir cerca de um milhão de medições por segundo (Cruz et al., 2015): se

estiver baseado em terra, têm que se efetuar múltiplos estacionamentos (deslocações de ponto para ponto) o que diminui a eficiência; mas se estiver instalado num UAV, o levantamento é contínuo e, desta forma, otimizado.

4.4.2. *Unmanned Surface Vehicle*

Os USV utilizam tecnologia idêntica à dos meios tradicionais e operam em condições semelhantes, pelo que, numa perspetiva simplista, não acrescentam eficácia. No entanto, a sua mais-valia advém dos eventuais cenários de atuação.

Os USV podem ser empregues eficazmente em áreas de pouca profundidade, onde prevalecem diversos perigos para o pessoal e material (Hydro, 2017c). Muitas destas áreas, apesar de se encontrarem junto a costa, permanecem por sondar ou os respetivos levantamentos são antigos e com métodos pouco rigorosos para os padrões atuais (NOAA, 2015). Tradicionalmente, estes levantamentos, por questões de segurança, são realizados com equipamentos portáteis, habitualmente sistemas sondadores de feixe simples (SFS), instalados em embarcações semirrígidas, caracterizadas por terem pouca *endurance*. Comparativamente, um USV com SMF torna-se, não só mais eficiente, mas também mais eficaz ao gerar um maior número de medições (decorrente das diferenças técnicas entre SMF e SFS) e um produto operacional mais detalhado.

Os USV podem ser equipados com um *laser-scanner* capaz de adicionar a capacidade topográfica à hidrográfica (Renishaw, 2018). De entre os SNT, os USV são os únicos que, atualmente, detêm uma capacidade topo-hidrográfica consolidada. Conforme referido anteriormente, a capacidade hidrográfica dos UAV encontra-se ainda muito limitada pelas técnicas existentes (LiDAR), e os UUV, por enquanto, ainda não abrangem a capacidade topográfica.

4.4.3. *Unmanned Underwater Vehicle*

Os UUV distinguem-se dos restantes SNT pela capacidade de operarem de forma furtiva, o que se traduz em superioridade tática e maior eficácia em missões de natureza reservada, nomeadamente, na deteção de minas e na definição de rotas seguras para o acesso a portos.

Ao contrário das plataformas tradicionais, os UUV operam independentemente do estado do mar à superfície, o que, numa situação em que se verifiquem condições meteo-oceanográficas adversas, os torna mais eficazes, inclusivamente, quando comparados com os outros tipos de SNT.

Os UUV podem variar a profundidade de operação, o que lhes confere um nível de eficácia superior a qualquer outra plataforma, na deteção de objetos e no mapeamento de alta resolução do fundo marinho. Em exercícios de identificação de minas, foi comprovado que os UUV detetam mais alvos do que os meios tradicionais de superfície (Lamego, 2018). Isto ocorre porque a resolução dos feixes dos sistemas sondadores acústicos é, fisicamente, definida em graus. Consequentemente, quanto mais perto do sondador estiver o objeto, menor será a pegada (*footprint*) acústica e melhor será a resolução. Quanto melhor for a

resolução, menor será o tamanho mínimo de um objeto para que seja identificado (limiar de detecção) e, naturalmente, melhor será o desempenho. A mobilidade dos UUV na coluna de água permite ainda superar algumas limitações inerentes à propagação do som no meio submarino (por exemplo, a atenuação e a existência de zonas de sombra), resultando numa eficácia superior aos USV (Rumson, 2018).

Conclusões

Este artigo procurou analisar de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT. Esta análise baseou-se na decomposição em duas variáveis: independente, “SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos”; e dependente, “capacidade topo-hidrográfica das FFAA”. Neste sentido, foram formuladas três OE, desenvolvidos ao longo do segundo, terceiro e quarto capítulos.

O segundo capítulo abordou as características dos SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos (OE1). Conforme referido, os SNT são geralmente classificados em UAV, USV e UUV, consoante o tipo de plataforma em que operam (aérea, de superfície e submarina, respetivamente). A sua comparação, permitiu destacar vantagens e limitações. Em resumo, salienta-se que: apesar da polivalência, as técnicas de sondagem dos UAV ainda não demonstram eficácia suficiente em LH; os USV têm menor custo de aquisição e, em virtude de utilizarem métodos análogos aos dos sistemas tripulados, é expectável que a respetiva operação revele uma menor curva de aprendizagem; e os UUV detêm o maior potencial, apesar das vulnerabilidades ainda existentes a nível do posicionamento e das comunicações submarinas.

O terceiro capítulo versou a relação existente entre a capacidade topo-hidrográfica das FFAA e o planeamento e execução das suas missões (OE2). Neste âmbito, evidenciou-se que a capacidade topo-hidrográfica: constitui uma das 11 capacidades que residem na Marinha; contribui para seis das sete áreas de capacidade, duas das quais, “conhecimento situacional” e “mobilidade e projeção”, de forma crítica; e contribui para o cumprimento de 15 das 20 missões das FFAA, transversais aos seis cenários de emprego.

Numa perspetiva político-estratégica verificou-se ainda que a capacidade topo-hidrográfica pode ser enquadrada nas três áreas definidas como prioritárias: missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma; vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional; resistência contra ciberataques.

O quarto capítulo descreveu como a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos pode melhorar a eficiência e a eficácia dos LTH (OE3). A melhoria da eficiência, resultante da utilização de SNT, foi apresentada em função da poupança gerada nos recursos, nomeadamente: diminuição do tempo de sondagem, emprego de menos recursos humanos, menos custos logísticos e de manutenção; traduzindo-se, de um modo geral, numa economia a nível financeiro. A melhoria da eficácia foi estruturada por plataforma, destacando-se: o menor risco e maior flexibilidade dos UAV; os USV como a solução atualmente mais robusta e adequada para águas pouco profundas; e a natureza furtiva e o enorme potencial dos UUV.

Assim, os resultados obtidos contribuíram para:

- Hierarquizar os diferentes tipos de SNT, segundo o seu desempenho na aquisição de dados topo-hidrográficos, evidenciando as respetivas potencialidades e vulnerabilidades;
- Demonstrar a importância da capacidade topo-hidrográfica no cumprimento das missões das FFAA, enquadrando-a na edificação da estratégia de Defesa Nacional;
- Explicar como o emprego de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos melhora a eficiência e a eficácia da atual capacidade topo-hidrográfica das FFAA.

A pesquisa realizada no âmbito deste artigo motivou ainda algumas recomendações, organizadas nas seguintes vertentes:

- Numa perspetiva genética, torna-se necessário dotar as FFAA de SNT. Várias são as FFAA congêneres que reconhecem o potencial futuro dos SNT, pelo que se recomenda o seguimento dessa tendência, evitando uma mudança tardia que se possa traduzir em rutura;
- Numa perspetiva estrutural, a importância crescente dos SNT exige que eles assumam maior relevância na estrutura e planeamento das FFAA. Existem projetos em desenvolvimento em cada um dos ramos, que devem ser coordenados a fim de convergir num interesse comum. À semelhança do verificado com a “ciberdefesa”, recomenda-se que na próxima revisão do SF seja edificada uma capacidade ao nível do Estado-Maior-General das Forças Armadas (EMGFA) relacionada com os SNT;
- Numa perspetiva operacional, deve ser fomentado o emprego de SNT em missões das FFAA, assegurando o respetivo acompanhamento e *feedback*, de forma a garantir a continuidade do conhecimento e o encurtamento da curva de aprendizagem.

No decorrer deste estudo não foi possível realizar uma pesquisa experimental. A resposta ao problema foi delimitada à análise de casos análogos, conduzidos por terceiros, e à respetiva adaptação e contextualização. Neste sentido, sugere-se, como linha de investigação futura, a execução, por parte da Marinha, de um LTH com recurso a SNT, confrontando experimentalmente os resultados obtidos a nível de eficiência e de eficácia e consolidando a análise custo-benefício em comparação com os meios tradicionais.

Referências bibliográficas

- Aarnink, J., 2017. Bathymetry Mapping using Drone Imagery. [Em linha] Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ad607109b-5891-46bc-8670-fc9b99a2b409> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- AHS (Australian Hydrographic Service), 2012. Australian Hydrographic Service - Roles and Responsibilities. [Em linha] Disponível em: http://www.hydro.gov.au/factsheets/WFS_Roles_And_Responsibilities.pdf [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- AltiGator, 2018. Drone, UAV, UAS, RPA or RPAS. [Em linha] Disponível em: <http://altigator.com/drone-uav-uas-rpa-or-rpas/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- APANT (Associação Portuguesa de Aeronaves Não Tripuladas) 2017. TEKEVER e Força Aérea ganham concurso europeu de drones. [Em linha] Disponível em: <http://apant.>

- pt/tekever-e-forca-aerea-ganham-concurso-europeu-de-drones/ [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Applanix, 2018. Comparing Manned versus Unmanned Surveying. [Em linha] Disponível em: <https://www.applanix.com/news/blog-comparing-manned-vs-unmanned> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- AR (Assembleia da República), 1997. Aprova, para ratificação, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e o Acordo Relativo à Aplicação da Parte XI da mesma Convenção (Resolução da Assembleia da República n.º 60-B/97). Lisboa: Diário da República.
- AR (Assembleia da República), 2009. Aprova a Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas (Lei Orgânica n.º 1-A/2009, de 7 de julho). Lisboa: Diário da República.
- AR (Assembleia da República), 2015. Aprova a Lei de Programação Militar (Lei Orgânica n.º 7/2015, de 18 de maio). Lisboa: Diário da República.
- Caetano, Capitão. J., 2018. Força Aérea [Entrevista] (3 maio 2018).
- CARIS, 2015. CARIS Onboard. [Em linha] Disponível em: http://www.hydroconferences.org/documents/hydroconferences/downloads/6/presentation_l2_-_andy_hoggarth.pdf [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- CCEM (Conselho de Chefes de Estado-Maior), 2014a. Conceito Estratégico Militar - CEM 2014. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- CCEM (Conselho de Chefes de Estado-Maior), 2014b. Missões das Forças Armadas - MIFA 2014. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- CCEM (Conselho de Chefes de Estado-Maior), 2014c. Sistema de Forças - SF 2014. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- CEMA (Chefe do Estado-Maior da Armada), 2017. Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de veículos não tripulados (GT-VENT) (Despacho do Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada n.º 13/17 de 6 de março). Lisboa: Marinha.
- CIGeoE (Centro de Informação Geoespacial do Exército), 2013. Missão, Visão e Política. [Em linha] Disponível em: <https://www.igeoe.pt/index.php?id=28> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- CINAV (Centro de Investigação Naval), 2018. 6.º Encontro do CINAV. Alfeite: Marinha.
- CM (Conselho de Ministros), 2013a. Conceito Estratégico de Defesa Nacional (Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2013, de 5 de abril). Lisboa: Diário da República.
- CM (Conselho de Ministros), 2013b. Reforma «Defesa 2020» (Resolução do Conselho de Ministros n.º 26/2013, de 19 de abril). Lisboa: Diário da República.
- CMRE (Centre for Maritime Research & Experimentation), 2017. JANUS, the CMRE underwater communication protocol, becomes a NATO standard. [Em linha] Disponível em: <http://www.cmre.nato.int/news-room/blog-news-archive/42-rokstories/398-janus-the-cmre-underwater-communication-protocol-becomes-a-nato-standard> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Cooper, P., 2018. Hydrographic Data Science - The Art and Craft of Making Useful Hydrography. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/hydrographic-data-science> [Consultado em 30 abril 2018].

- Crimmins, D. e Manley, J., 2008. What Are AUVs, and Why Do We Use Them?. [Em linha] Disponível em: <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/08auvfest/background/auvs/auvs.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Cruz, C. e Varela, C., 2017. Força Aérea treina com drones que farão vigilância no Mediterrâneo. [Em linha] Disponível em: <https://www.jn.pt/nacional/videos/interior/forca-aerea-treina-com-drones-que-farao-vigilancia-no-mediterraneo-5715925.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Cruz, J., Santos, L. e Vicente, J., 2015. Tecnologia laser scanning na realização de levantamentos topo-hidrográficos. [Em linha] Disponível em: http://viiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicacao_16.pdf [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Davis, A., 2015. Maritime Doctrine of the Russian Federation. [Em linha] Disponível em: https://dnnlgwick.blob.core.windows.net/portals/0/Maritime%20Doctrine%20TransENG_rus_FINAL.pdf?sr=b&si=DNNFileManagerPolicy&sig=j0ZtC1bqls8iaELlorBvNweGEwh5jekh4QsZcFgxtPM%3D [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Defence IQ, 2016. Oceanographic Survey Vessels can “enable crucial capability” for military operations. [Em linha] Disponível em: <https://www.defenceiq.com/naval-and-maritime-defence/articles/oceanographic-survey-vessels-can-“enable-crucial> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Delgado, R., 2009. Fleet Survey Team: Providing Operational Hydrography to the U.S. Navy. [Em linha] Disponível em: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a527615.pdf> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Dorminey, B., 2015. How Bad Would It Be If The Russians Started Cutting Undersea Cables? Try Trillions In Damage. [Em linha] Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/brucedorminey/2015/11/02/russian-navy-probing-u-s-undersea-communications-cables-in-new-global-threat/#5a2a41d76f9c> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Eelhart, M., 2013. Charting the Future: the need for Naval Hydrography. [Em linha] Disponível em: <https://www.cfc.forces.gc.ca/259/290/299/286/eelhart.pdf> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Evans, G., 2013. Charting the seas: the Royal Navy’s hydrographic heritage. [Em linha] Disponível em: <https://www.naval-technology.com/features/featurecharting-seas-royal-navy-hydrographic-heritage/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Flick, U., 2004. Introducción a la investigación cualitativa. Madrid: Morata.
- Franco, S., 2018. Centro de Informação Geoespacial do Exército [Entrevista] (9 março 2018).
- Geo-matching, 2018. USVs - Unmanned Surface Vehicles. [Em linha] Disponível em: <http://geo-matching.com/category/id71-usvs-unmanned-surface-vehicles.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Giodini, S., Binnerts, B. e Blom, K., 2016. Can I Communicate with My AUV?. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/can-i-communicate-with-my-auv> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Giodini, S., Spek, E. e Dol, H., 2015. Underwater Communications and the Level of Autonomy of AUVs. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/underwater-communications-and-the-level-of-autonomy-of-auvs> [Consultado em 13 fevereiro 2018].

- Gray, A., 2016. This map shows how undersea cables move internet traffic around the world. [Em linha] Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/11/this-map-shows-how-undersea-cables-move-internet-traffic-around-the-world/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Handwerk, B., 2013. 5 Surprising Drone Uses (Besides Amazon Delivery). [Em linha] Disponível em: <https://news.nationalgeographic.com/news/2013/12/131202-drone-uav-uas-amazon-octocopter-bezos-science-aircraft-unmanned-robot/#close> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hart, P., 2018. ASV [Entrevista] (22 março 2018).
- Higgins, S., 2014. Faster, More Powerful LiDAR for Small UAVs, Airborne Mapping. [Em linha] Disponível em: <https://www.spar3d.com/blogs/the-other-dimension/vol12no47-faster-lighter-more-precise-lidar-for-small-uavs-aerial-mapping/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Higgins, S., 2016. Drone LIDAR vs Photogrammetry: A Technical Guide. [Em linha] Disponível em: <https://www.spar3d.com/news/lidar/drone-lidar-vs-photogrammetry-technical-guide/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2008. Hydrography in China - Hydro International interviews Professor and Commodore Liu Yanchun. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/hydrography-in-china> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2017a. AUV and ROV Play Important Role in Multinational EOD Exercise. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/auv-and-rov-play-important-role-in-multinational-eod-exercise> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2017b. JANUS Agreed as First International Underwater Communication Protocol. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/janus-first-international-underwater-communication-protocol> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2017c. Unmanned Mapping of Ultra-shallow Waters. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/unmanned-mapping-of-ultra-shallow-waters> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2018. Enhancing Safe Autonomous Navigation at Sea Using Deep Learning Techniques. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/enhancing-safe-autonomous-navigation-at-sea-using-deep-learning-techniques> [Consultado em 30 abril 2018].
- IH (Instituto Hidrográfico), 2014. Instrução Permanente - Equipa Hidrográfica de Intervenção Rápida (IP.OR.03). Lisboa: Instituto Hidrográfico.
- Jiménez, M., 2018. RIEGL [Entrevista] (7 março 2018).
- Kongsberg, 2017. Hydroid Delivers First New Generation REMUS 100 Autonomous Underwater Vehicle. [Em linha] Disponível em: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/3F8428F7B175979FC125819F004D20DE?OpenDocument> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Kortnieiev, S., Shuliak, V. ee Otradnov, K., 2016. Underwater Wireless Video Communication. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/underwater-wireless-video-communication> [Consultado em 13 fevereiro 2018].

- Lamego, C., 2018. Destacamento de Mergulhadores Sapadores N.º 3 [Entrevista] (20 fevereiro 2018).
- Lança, M., 2018. Comando Naval [Entrevista] (23 março 2018).
- Lieberman, M. e Montgomery, B., 1988. First-Mover Advantages. [Em linha] Disponível em: https://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/entrepreneur/download/Artikel_Internetoeconomie/Lieberman_First_Mover.pdf [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Liquid Robotics, 2017. The New Economics of Marine Environmental Monitoring. [Em linha] Disponível em: <https://www.liquid-robotics.com/blog/new-economics-marine-environmental-monitoring/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- LSTS (Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática), 2017. AUVs, Acoustics, and Manned Submarines Ops. [Em linha] Disponível em: <https://rep17.lsts.pt/news/auvs-acoustics-and-manned-submarines-ops> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Lusa, 2018a. E se a lei dos drones for assim?. [Em linha] Disponível em: <https://www.dn.pt/media/interior/protecao-de-dados-quer-limitar-captacao-por-drones-e-criar-regime-para-jornalistas-9134365.html> [Consultado em 30 março 2018].
- Lusa, 2018b. Ministro da Defesa reconhece falta de atração da carreira militar mas rejeita “polémica escondida”. [Em linha] Disponível em: <https://www.dn.pt/lusa/interior/ministro-da-defesa-reconhece-falta-de-atracao-da-carreira-militar-mas-rejeita-polemica-escondida-9101736.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Malik, Y., 2016. Conference on New Oceanographic Survey Vessels. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/sailing-back-from-mars> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Mallace, D., 2018. World's First Fully Autonomous Hydrographic Survey. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/worlds-first-fully-autonomous-hydrographic-survey> [Consultado em 30 abril 2018].
- Mandlburger, G. et al., 2016. Evaluation of a Novel UAV-Borne Topo-Bathymetric Laser Profiler. [Em linha] Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B1/933/2016/isprs-archives-XLI-B1-933-2016.pdf> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Marinha, 2006. Protocolo de cooperação entre a Universidade do Porto e a Marinha. Porto: s.n.
- Marinha, 2016a. Protocolo de colaboração entre a Marinha e a Tekever. Lisboa: s.n.
- Marinha, 2016b. Protocolo de colaboração entre a Marinha e a UAVision. Lisboa: s.n.
- Matis, M., 2012. The Protection of Undersea Cables: A Global Security Threat. Carlisle: United States Army War College.
- MDN (Ministério da Defesa Nacional), 2011. Diretiva Ministerial Orientadora do Ciclo de Planeamento de Defesa Militar (Despacho n.º 4/2011, de 31 de janeiro). Lisboa: Diário da República.
- MDN (Ministério da Defesa Nacional), 2014. Diretiva Ministerial de Planeamento de Defesa Militar (Despacho n.º 11400/2014, de 11 de setembro). Lisboa: Diário da República.
- Morgado, J., 2016. Sistemas aéreos autónomos não-tripulados nas vertentes militar, de segurança e civil: definição de uma estratégia nacional. Pedrouços: Instituto Universitário Militar.

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2013. Bathymetric AUV shows promise for NOAA surveying. [Em linha] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/2013/09/17/bathymetric-auv-shows-promise-for-noaa-surveying/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2015. New unmanned surface vehicles to deliver shoaler depth measurements for NOAA nautical charts. [Em linha] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/tag/autonomous-surface-vehicle/> [Consultado em 30 abril 2018].
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2016a. Unmanned surface vehicles evaluated for hydrographic survey. [Em linha] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/2016/09/13/unmanned-surface-vehicles-evaluated-for-hydrographic-survey/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2016b. Using Robots to Map Shallow Water on Nautical Charts. [Em linha] Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/news/apr16/asv.html> [Consultado em 1 dezembro 2017].
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2017a. Hydrography. [Em linha] Disponível em: <https://nauticalcharts.noaa.gov/learn/learn-about-hydrography.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2017b. What is hydrography?. [Em linha] Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/hydrography.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- OHI (Organização Hidrográfica Internacional), 2015. Definition of Hydrography. [Em linha] Disponível em: https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=299&Itemid=289&lang=en [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Oliveira, B., 2015. Sistemas não tripulados nas Forças Armadas nacionais como potenciadores das suas capacidades. Pedrouços: Instituto de Estudos Superiores Militares.
- Orthmann, A., 2016. Bering Sea ASV Force Multiplier. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/bering-sea-asv-force-multiplier> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), 2013. Allied Command Operations Comprehensive Operations Planning Directive. V2.0 ed. Bélgica: Supreme Headquarters Allied Powers Europe.
- Peter, L., 2018. What makes Russia's new spy ship Yantar special?. [Em linha] Disponível em: <http://www.bbc.com/news/world-europe-42543712> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Pita, R., 2018. Kongsberg [Entrevista] (18 março 2018).
- Potgieter, P., 2016. The rise of autonomous hydrographic systems. [Em linha] Disponível em: <http://www.ee.co.za/article/the-rise-of-autonomous-hydrographic-systems.html> [Consultado em 1 dezembro 2017].
- Quadros, N., 2016. Technology in Focus: Bathymetric LiDAR. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/technology-in-focus-bathymetric-lidar> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Renishaw, 2015. Renishaw launches a new dedicated time-tagged marine lidar system to help cut the cost of vessel-based surveying. [Em linha] Disponível em: <http://www.renishaw.com>

- com/en/renishaw-launches-a-new-dedicated-time-tagged-marine-lidar-system-to-help-cut-the-cost-of-vessel-based-surveying--37086 [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Renishaw, 2018. Merlin vessel-based coastal, offshore, and inland waterway lidar mapping system. [Em linha] Disponível em: <http://www.renishaw.com/en/merlin-vessel-based-coastal-offshore-and-inland-waterway-lidar-mapping-system--36622> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- RIEGL, 2018. BathyCopter. [Em linha] Disponível em: <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/bathycopter/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Rumson, A., 2018. Mapping the Deep Ocean with Multiple AUVs. [Em linha] Disponível em: https://www.hydro-international.com/content/article/mapping-the-deep-ocean-with-multiple-auvs?utm_source=Newsletter+Superlist&utm_campaign=139b58c40e-EMAIL_CAMPAIGN_2018_04_24Hydro&utm_medium=email&utm_term=0_9bcc6040d6-139b58c40e-46510701&mc_cid=139b58c4 [Consultado em 30 abril 2018].
- Russon, M.-A., 2015. How can drones be used in industry?. [Em linha] Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2015/12/how-can-drones-be-used-in-industry> [Consultado em 1 dezembro 2017].
- Sanger, D. e Schmitt, E., 2015. Russian Ships Near Data Cables Are Too Close for U.S. Comfort. [Em linha] Disponível em: <https://www.nytimes.com/2015/10/26/world/europe/russian-presence-near-undersea-cables-concerns-us.html> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Santos, L. e Lima, J., 2016. Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação. Lisboa: Instituto de Estudos Superiores Militares.
- Saunders, M. e Tosey, P., 2013. The Layers of Research Design. [Em linha] Disponível em: https://anlp.org/files/research-onion-layers_42_357.pdf [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Sebastian, S., Ladner, R. e Haselmaier, L., 2016. AUVs in Hydrography. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/auvs-in-hydrography> [Consultado em 1 dezembro 2017].
- Sechrist, M., 2010. Cyberspace in Deep Water: Protecting Undersea Communication Cables. Cambridge: Harvard Kennedy School.
- Shifter, 2018. Aconteceu o primeiro acidente mortal com um carro autónomo. [Em linha] Disponível em: <https://shifter.pt/2018/03/uber-acidente-carro-autonomo/> [Consultado em 30 março 2018].
- Shu, L., 2014. GPS, drones, microwaves and other everyday technologies born on the battlefield. [Em linha] Disponível em: <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/modern-civilian-tech-made-possible-wartime-research-development/> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Silva, J., 2012. A Plataforma Continental Portuguesa - Análise do Processo de Transformação do Potencial Estratégico em Poder Nacional. Lisboa: Edições Culturais da Marinha.
- Silva, J., 2015. Os cruzeiros de investigação científica estrangeiros nas zonas marítimas sob soberania ou jurisdição portuguesa. Revista de Ciências Militares, maio, Volume III, pp. 241-267.
- Stake, R. 1999. Investigación con estudio de casos. 2.^a ed. Madrid: Morata.

- Strickland, J., 2010. Do wars drive technological advancement?. [Em linha] Disponível em: <https://science.howstuffworks.com/war-drive-technological-advancement.htm> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Theberge, A., 2013. A Note on Fifty Years of Multi-beam. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/a-note-on-fifty-years-of-multi-beam> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Vieira, C., 2009. Variáveis em Investigação. [Em linha] Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MinvC/variveis-em-investigao> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Wilkens, R., 2018. Air, land and sea show continued growth for unmanned systems. [Em linha] Disponível em: <https://washingtontechnology.com/articles/2018/02/05/govini-unmanned-systems-market.aspx> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Williams, J., 2016. Autonomous Vessel Delivers in Challenging Environment. [Em linha] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/autonomous-vessel-delivers-in-challenging-environment> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- YellowScan, 2018. What happened at LiDAR for Drone 2017. [Em linha] Disponível em: <http://www.yellowscan.fr/news/what-happened-at-lidar-for-drone-2017-yellowscan-international-user-conference-2> [Consultado em 13 fevereiro 2018].
- Yin, R., 2001. Estudo de Caso - Planejamento e Métodos. 2.^a ed. Porto Alegre: Bookman.
- Yin, R., 2012. Applications of Case Study Research. 3.^a ed. Los Angeles: SAGE.