

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC RENATO LUÍS KODEL

A AVIAÇÃO DE PATRULHA MARÍTIMA NA GUERRA
ANTISSUBMARINO:

o esclarecimento contra os submarinos diesel-elétricos.

Rio de Janeiro

2020

CC RENATO LUÍS KODEL

A AVIAÇÃO DE PATRULHA MARÍTIMA NA GUERRA

ANTI-SUBMARINO:

o esclarecimento contra os submarinos diesel-elétricos.

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CF Alexandre de Souza Gomes

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval

2020

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Suzi, pelo incentivo demonstrado durante todo tempo, além da paciência e compreensão da importância do esforço que tenho empreendido.

Aos meus filhos, Gustavo e Danilo, pela felicidade e pela motivação que seus carinhos proporcionam.

Ao Capitão de Fragata Alexandre de Souza Gomes, meu orientador, pelas sugestões e pelo direcionamento sempre preciso e extremamente profissional, que foram de grande significância para a confecção deste estudo.

Aos instrutores da Escola de Guerra Naval, pelos ensinamentos transmitidos e pelo interesse em ajudar sempre de forma distinta.

RESUMO

A ameaça de um submarino pode criar efeitos significativos de negação do mar, exigindo uma quantidade considerável de recursos para a detecção e o acompanhamento. As limitações do submarino diesel-elétrico permitem que o ambiente acima d'água também seja factível de ser utilizado para ameaçá-los. Nesse contexto, as aeronaves de patrulha marítima são meios reconhecidos, ao longo da história, para esse tipo de missão. Assim, o propósito deste trabalho é analisar se, apesar das novas tecnologias empregadas nos submarinos não nucleares, permanece válido o emprego das aeronaves de patrulha marítima em operações de esclarecimento contra essa ameaça na atualidade. Para alcançar esse propósito, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental, na qual, inicialmente, foram apresentados os conceitos relacionados a esse tipo de operação. Na sequência, foi analisada a evolução histórica do emprego de aeronaves de asa fixa nas operações antissubmarino e as mudanças doutrinárias decorrentes. Por fim, foram retratadas as condições presentes tanto dos submarinos quanto das aeronaves de patrulha marítima, relacionando-as com os conceitos descritos. Ao integrar tais pontos e argumentos, concluiu-se que, apesar dos desenvolvimentos tecnológicos observados, as operações de esclarecimento permanecem significativas contra os submarinos não nucleares, entretanto, com grandes limitações que exigem um esforço exponencial por parte dos meios antissubmarino.

Palavras-chave: operações antissubmarino, aeronave de patrulha marítima, submarino diesel-elétrico, esclarecimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Spider Web</i>	54
Figura 2 – Previsão de gastos mundiais relacionados à Guerra Antissubmarino até 2028....	55
Figura 3 – Submarinos destruídos no teatro europeu da Segunda Guerra Mundial.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1GM –	Primeira Guerra Mundial
2GM –	Segunda Guerra Mundial
A/S –	Antissubmarino
AIP –	<i>Air Independent Propulsion</i>
BRS –	Boias radioossônicas
CP –	Cota Periscópica
MPA –	<i>Maritime Patrol Aircraft</i>
RAF –	<i>Royal Air Force</i>
RN –	<i>Royal Navy</i>
SC –	Submarino Convencional
SNA –	Submarino de ataque com propulsão nuclear
SS –	Submarino diesel-elétrico
SSBN –	Submarino nuclear lançador de mísseis balísticos
SSGN –	Submarino nuclear lançador de mísseis de cruzeiro
SSK –	Submarino diesel-elétrico lançador de mísseis de cruzeiro
SSN –	Submarino com propulsão nuclear
USN –	<i>United States Navy</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	CONCEITOS DE EMPREGO DA AVIAÇÃO DE PATRULHA MARÍTIMA PARA DETECÇÃO ACIMA D'ÁGUA DE SUBMARINOS	9
2.1	Operações antissubmarino na “ <i>Littoral Warfare</i> ”	9
2.2	Detecção de submarinos acima d'água.....	14
2.3	Emprego A/S das Aeronaves de Patrulha Marítima.....	19
3	O HISTÓRICO E A EVOLUÇÃO	23
3.1	A Patrulha Marítima durante a Primeira Guerra Mundial.....	23
3.2	O Período Entreguerras e a Segunda Guerra Mundial.....	27
3.3	Transformações no Pós-Segunda Guerra e Guerra Fria.....	32
4	O QUADRO ATUAL E PERSPECTIVAS	38
4.1	A ameaça atual de submarinos convencionais.....	38
4.2	As perspectivas para os MPA na Guerra Antissubmarino.....	41
4.3	Os MPA do século XXI.....	45
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	51
	ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, dada a importância estratégica do espaço marítimo, das riquezas nele contidas e das possibilidades de seu uso, todos os Estados com acesso ao mar reconhecem a importância de sua proteção e da necessidade de garantia de seus interesses. Cientes dessa importância e do alto investimento necessário para se compor uma grande marinha, muitos Estados podem optar pelas vantagens que até uma força submarina modesta oferece. A presença potencial de um submarino adversário pode criar efeitos significativos de negação do mar, exigindo uma quantidade considerável de recursos para a detecção e o acompanhamento.

Da mesma forma, impulsionados pela ameaça abaixo d'água, os investimentos em meios de se contrapor aos submarinos são exigidos. Nesse cenário, as Aeronaves de Patrulha Marítima (MPA) ¹ aparecem como oportunidade, dentre os meios, com capacidades antissubmarino (A/S).

Possuindo uma variedade de sensores, essas aeronaves têm aptidão para explorar tanto os ambientes acima quanto abaixo d'água, na tentativa de localização do submarino. Esse desafio de localização tem se tornado, a cada dia, uma tarefa mais complexa em função dos aprimoramentos das tecnologias empregadas nos submarinos. Sendo assim, o propósito deste trabalho é analisar se permanece válido o emprego dos MPA em operações de esclarecimento contra submarinos diesel-elétricos na atualidade.

Para alcançar o propósito, empregaremos, nesta dissertação, a metodologia exploratória e analítica, fundamentada em pesquisa bibliográfica e documental não classificada. Isso posto, a pesquisa foi estruturada nesta introdução, três capítulos de análise e uma conclusão.

¹ MPA, *Maritime Patrol Aircraft*, é o termo mais comumente empregado na literatura pesquisada em referência as aeronaves de patrulha marítima com capacidades antissubmarino.

No segundo capítulo, será analisada a base conceitual da pesquisa, relacionada à guerra A/S no litoral, às limitações dos submarinos diesel-elétricos e ao emprego do MPA referente aos dois fundamentos anteriores.

O terceiro capítulo apresentará uma contextualização histórica do desenvolvimento dos MPA em paralelo aos submarinos, desde a Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918) até o final da Guerra Fria (1947 – 1991), no qual serão ressaltados os aspectos das evoluções doutrinárias no emprego das aeronaves na guerra A/S.

Já no quarto capítulo, será retratado o quadro presente de submarinos e MPA, com a análise de suas capacidades e perspectivas de emprego, relacionando-se com os conceitos descritos no segundo capítulo. Finalmente, no quinto capítulo, que consiste na conclusão da pesquisa, serão compilados os resultados das análises e das pesquisas realizadas nos capítulos anteriores e avaliados frente ao propósito estabelecido do estudo.

Assim, a relevância deste trabalho está contida na demonstração da importância do esclarecimento por MPA para se contrapor aos submarinos diesel-elétricos que, dessa forma, reforça junto aos planejadores a significância desse tipo de missão, além das possibilidades de exploração de seu emprego.

2 CONCEITOS DE EMPREGO DA AVIAÇÃO DE PATRULHA MARÍTIMA PARA DETECÇÃO ACIMA D'ÁGUA DE SUBMARINOS

Apresentaremos, nesta seção, teorias relacionadas às operações antissubmarino (A/S) em áreas próximas ao litoral, com suas características e peculiaridades. Em seguida, abordaremos a detecção de submarinos em seus momentos de indiscrição acima d'água em função de suas limitações e, por fim, as possibilidades de emprego das Aeronaves de Patrulha Marítima (MPA) na guerra A/S, dentro desta perspectiva.

2.1 Operações antissubmarino na “Littoral Warfare”

As Operações e Ações de Guerra Naval no litoral apresentam diferenças significativas em relação às realizadas em mar aberto, devido ao ambiente físico extremamente complexo, dinâmico e desafiador do primeiro. As peculiaridades do ambiente físico nos litorais oferecem inúmeros desafios, mas, também, oportunidades com relação ao emprego de forças navais e de aeronaves. O conceito de *Littoral Warfare*² trouxe os olhos das operações navais para as águas marrons (brown waters) (VEGO, 2015).

O conceito de águas marrons para a Marinha do Brasil (MB), assim como para a estadunidense (USN), tem sido interpretado como sendo as águas litorâneas próximas da costa, mares fechados e semifechados, sem, entretanto, fixar, exatamente, os seus limites e, a partir de que distância, elas deixariam de ser chamadas marrons e passariam a ser chamadas de azuis (VIDIGAL, 2010).

² *Littoral Warfare* é conceituada como a realização das Operações e Ações de Guerra Naval, em águas costeiras ou confinadas, que apresentam características físicas que oferecem vantagens e desvantagens. Os objetivos na *Littoral Warfare* são, geralmente, os mesmos aos da guerra em mar aberto. No entanto, em função das peculiaridades físicas, existem diferenças na forma como estes objetivos são alcançados. (VEGO, 2015).

Inserido no conceito de águas marrons, estão os estreitos também chamados de *choke points*³. Estreitos internacionais são os segmentos mais vulneráveis das comunicações marítimas. Vários deles, como por exemplo os de Hormuz, Malaca e Cingapura, são considerados pontos de estrangulamento globais do comércio mundial, com uma importância econômica, política e militar extremamente grande (VEGO, 2015).

À medida que se aproxima da região litorânea, o número e a variedade de possíveis ameaças aumentam significativamente. A proximidade de terra permite o emprego de embarcações de pequenas dimensões e autonomia, a aviação baseada em terra e os diversos recursos, como por exemplo a artilharia e a vigilância de costa. A profundidade da água permite o emprego de uma maior variedade de minas e afeta o emprego de submarinos. Além dessas ameaças militares convencionais, existe o risco de ataques assimétricos neste movimentado e complexo espaço (NISBET, C. et al., 2004).

Sendo assim, esses cenários inerentes às águas marrons, que têm sua importância multiplicada em função de muitas das vezes se tratar de regiões estratégicas, são caracterizados pela presença de múltiplas ameaças e distintos pelas peculiaridades do ambiente litorâneo e pela restrição às manobras de navios e de submarinos.

Mesmo em tempo de paz, normalmente as águas próximas à costa estão repletas de navios mercantes cumprindo rotas comerciais, em aproximação e em partida de portos, de embarcações pesqueiras, de exploração de recursos e de pesquisa científica, além de embarcações de recreio. Dessa forma, segundo Doron (2015), a tarefa de construir, manter e entender o quadro tático, que normalmente já é complexa, é agravada pelo aumento de dados aparentemente aleatórios adquiridos pelo radar, pela inteligência de sinais, pelos sensores acústicos e eletro-ópticos à medida que se aproxima da costa. Parte disso é em função do

³*Choke Points* ou pontos de estrangulamento são estreitos de importância estratégica que ligam mares estreitos ao mar aberto ou outros mares estreitos.

aumento do tráfego citado, porém soma-se a isso a redução do desempenho dos sensores nas proximidades de terra e, por interferência intencional, em situação de conflito. Embora não seja simétrico, e normalmente considerado benéfico para o defensor, este excesso de dados influencia ambos os lados e pode ser usado em vantagem também do atacante.

Por outro lado, a pequena área envolvida em pontos estratégicos permite que tanto o atacante quanto o defensor mantenham grande parte do teatro sob constante observação. Assim, grandes navios de superfície não conseguem permanecer sem serem detectados. Navios hostis menores, no entanto, podem tirar proveito da alta densidade do tráfego marítimo combinada com a presença de ilhas para ocultar a sua presença. O volume de meios não militares também torna a identificação de alvos muito mais complicada do que em mar aberto (VEGO, 2015).

Dessa forma, percebe-se a grande adversidade enfrentada pelas grandes unidades de superfície quando operando no litoral, pois se envolvem em um esforço extraordinário para tentar manter a compilação do quadro tático e a identificação de pequenas unidades. Além disso, em um litoral hostil, podem ser constantemente acompanhadas ou até mesmo ter seu acesso negado em função das capacidades do inimigo.

Voltando-se para o emprego de submarinos no ambiente litorâneo, percebe-se que esta área é normalmente caracterizada como a ideal para o emprego dos submarinos convencionais (SC)⁴. Conforme argumenta Vego (2010), os submarinos nucleares (SSN)⁵ são capazes de operar em águas rasas e confinadas, mas os SC, mais silenciosos e manobráveis, são mais adequados para as operações nessas águas. Devido às curtas distâncias, a alta velocidade mantida para um submarino não é um requisito tão importante quanto no oceano aberto. Em

⁴ Para efeito deste trabalho, SC englobam todos os submarinos que empregam motores elétricos quando abaixo d'água, incluindo, portanto, os submarinos diesel-elétricos (SS), diesel-elétrico lançadores de mísseis de cruzeiro (SSK) e os com propulsão independente de ar (AIP).

⁵ Da mesma forma, SSN caracteriza para este trabalho, todos os submarinos com propulsão nuclear, integrando assim os submarinos de ataque com propulsão nuclear (SNA), nucleares lançadores de mísseis balísticos (SSBN) e nucleares lançadores de mísseis de cruzeiro (SSGN).

águas rasas, um submarino em movimento rápido teria pouco tempo para realizar a manobra correta em caso de alguma emergência. A proximidade do fundo do mar cria uma área de pressão reduzida sob a quilha, que dificulta sua manobra.

Em função da necessidade de utilizar o periscópio para manter uma adequada posição nesse ambiente confinado, os SSN precisam se posicionar próximo à superfície, não podendo, assim, empregar grandes velocidades de forma a não facilitar sua detecção (CETRIM M., 2019).

Por outro lado, a opção pelos SC em águas marrons é considerada a mais adequada, resultado de sua grande manobrabilidade a baixas velocidades, capacidade de se manter submersos em águas mais rasas, devido ao seu menor calado e, ainda, dependendo da sua configuração de lemes, a possibilidade de operar muito próximo ao leito do oceano, maximizando a profundidade de operação em águas rasas (CETRIM M., 2019). Outrossim, são muito menores em tamanho do que os SSN e não precisam transportar grandes reservas de combustível. Sua capacidade transporte de armamento, em geral, não é fundamental para a realização de suas missões atribuídas. Um SC pode, frequentemente, retornar à sua base para o reabastecimento (VEGO, 2010).

Em águas litorâneas, portanto, podemos observar a preeminência do SC. O SSN, nessas águas, mesmo sem ter a necessidade de utilizar o esnórquel, cometerá indiscrição na utilização do periscópio e outros mastros para a segurança da navegação ou qualquer necessidade tática. Somadas ainda as impossibilidades de empregar grandes velocidades nessas águas e de operar afastado permanentemente da cota periscópica⁶ (CP), ele passa a operar taticamente como os SC, porém mais ruidoso.

Sendo assim, é esperado para um Estado que possua SC o seu emprego próximo à costa, em mares fechados e estreitos. Mesmo uma marinha de águas azuis que disponha de

⁶ Menor profundidade de operação em imersão para os submarinos onde são capazes de expor seus mastros.

submarinos nucleares, evitará seu emprego nessas áreas caso tenham a opção de utilizar outros meios.

Com relação às operações A/S, a detecção de submarinos inimigos nos litorais também é muito mais complexa e incerta do que em mar aberto; isto é, em grande parte, o resultado das características de águas rasas, peculiaridades das condições hidrográficas e oceanográficas e do alto ruído ambiente. Em águas rasas, a propagação do som é, geralmente, difícil de prever, devido a grandes variações sazonais e diárias da temperatura do mar, da salinidade, das ondas, das marés e das correntes e da reflexão e absorção devido a variações do fundo do mar. Além disso, o ruído ambiente natural e causado pelo homem agrava o problema da detecção (VEGO, 2015).

A tecnologia de detecção por meios passivos não é a mais adequada para detectar um submarino de maneira confiável nas condições litorâneas. Os sensores ativos, apesar de mais indicados, também apresentam suas restrições. Normalmente, os equipamentos ativos são projetados para as águas profundas, onde as características do fundo não afetam sua performance e aplicam enormes quantidades de energia na água para atingir longas distâncias de detecção, mas que são severamente afetados pelas reflexões de fundo (RISTVEDT, 1994).

Por sua vez, um dos maiores problemas no uso de sensores acústicos em águas rasas para a classificação de contatos é uma alta taxa de falso alarme. Como caracteriza Vego (2015), uma costa recortada, formada por inúmeras ilhas, torna extremamente difícil a classificação dos contatos do sonar. Em geral, quanto maior o alcance de detecção de um sonar, principalmente para sonares passivos, maior o problema. Muitos contatos falsos resultam da irregularidade do fundo do mar. Os falsos alarmes implicam não só perda de tempo, mas, também, gastos desnecessários de combustível, de sonoboias e de armamento. Se o fundo do mar for metalífero, os detectores de anomalia magnética (MAD)⁷ também produzem falsos alarmes.

⁷ MAD - *Magnetic Anomaly Detector* é o termo mais comumente empregado ao longo da literatura pesquisada sobre o equipamento.

Em razão disso, a probabilidade de detecção de submarinos por navios de superfície ou de aeronaves, empregando meios acústicos, é menor em águas rasas do que em mar aberto, especialmente contra SC silenciosos. Um submarino em baixa velocidade, ou imóvel, em um litoral ruidoso e recortado, se constitui uma ameaça difícil de ser detectada abaixo d'água.

Por outro lado, os submarinos também utilizam as fontes acústicas para detecção, acompanhamento e como dados para o seu sistema de direção de tiro. Dessa forma, as mesmas restrições apresentadas para o emprego dos sonares dos meios de superfície e as boias radio-sônicas (BRS) por parte das aeronaves são, também, aplicáveis aos submarinos. Com isto, para o cumprimento de sua missão, um submarino pode ser levado a empregar outros sensores, não acústicos, para a identificação de seus contatos de interesse, expondo, acima d'água, alguma estrutura que pode ser detectada visualmente ou por radar. Essa indiscrição pode ser amplamente aproveitada pela força oponente.

2.2 Detecção de submarinos acima d'água

A guerra A/S, por muitos anos, tem empregado sistemas de detecção não acústica para negar aos submarinos o uso irrestrito da superfície do oceano para operar esnórquel⁸ e periscópio. Neste aspecto, os submarinos convencionais são mais vulneráveis que os nucleares. O seu emprego, tanto em águas azuis como marrons, apresenta limitações que podem ser utilizadas pelas forças oponentes.

A característica que se destaca em um SSN é a sua confiabilidade, derivada de suas capacidades de autonomia, velocidade e discrição. Possui a capacidade de permanecer em

⁸ Procedimento operativo do submarino convencional que consiste em içar o mastro, chamado esnórquel, para admitir ar para o interior do submarino, acionar seus motores diesel e recarregar suas baterias.

imersão por longos períodos, mantendo uma alta velocidade e com a mínima necessidade de retornar à CP (PIRES MARTINS, 2012).

Conforme já foi apresentado no item 2.1, a situação que proporciona maiores taxas de indiscrição⁹ de um submarino nuclear é em sua operação em águas litorâneas restritas. Nessas áreas, caracterizadas pela propagação do som complexa e imprevisível, em função da sua necessidade de segurança na navegação e emprego tático de sensores não acústicos, o SSN necessita expor seus mastros acima d'água.

Mesmo com a restrição apresentadas dos SSN em águas rasas, que os tornariam mais indiscretos, é esperado que, nestas áreas, haja a predominância do emprego de SC. Assim, detalharemos, neste item, as características e limitações desse segundo, que, dessa forma, criam oportunidades para as forças oponentes.

É possível o emprego dos SC em águas azuis, porém, à medida que realizam deslocamentos por longos períodos até suas zonas de patrulha, de áreas focais (como estreitos, canais, áreas de concentração de tráfego marítimo) ou nas proximidades de portos inimigos, suas baterias descarregam e obrigam-no a retornar à CP e esnorquear algumas vezes, de acordo com as distâncias envolvidas, promovendo indiscrição acústica pelo ruído dos motores diesel e também a visual e eletromagnética, causada pela exposição de mastros acima da superfície (MALTEZ, 2013).

Quando em procedimento de esnórquel, os SC aumentam o seu ruído irradiado, ficando muito mais vulneráveis à detecção inimiga. Aeronaves de patrulha marítima, com grande capacidade de vigilância, dispendo de sensores e armamentos designados para localizar e destruir submarinos, tornam a permanência por longo tempo na CP, um considerável risco (CETRIM M., 2019).

Para todos os SC, a realização de grandes deslocamentos em altas velocidades causa

⁹ Percentual em que o submarino ficou indiscreto (exposição de mastros acima da superfície), sendo a razão entre o tempo de indiscrição e o tempo total da operação.

o descarregamento rápido de suas baterias e a necessidade de realizar o esnórquel, abrindo oportunidades para sua contradetecção. O SC é, então, silencioso, lento, de alcance limitado e extremamente difícil de localizar quando não está operando o motor diesel.

Três atributos definem a efetividade de um submarino em operações navais, que são definidos por Cetrim M. (2019): a surpresa, sua furtividade quando submerso e a alta probabilidade de destruição dos alvos no primeiro ataque. A importância de destruir os alvos no primeiro ataque, normalmente com torpedos, vem do fato de que, após o lançamento do seu armamento, o ruído gerado pelo submarino aumenta consideravelmente. Assim, se o inimigo apenas suspeitava da existência do submarino, ela se transformará em certeza após o lançamento do armamento.

Para manter o atributo da surpresa e furtividade, os SC navegam submersos na maior parte do tempo utilizando suas baterias, fase esta em que são muito difíceis de serem detectados. No momento apropriado, se posicionam na CP para recarregar suas baterias, de forma a permitir o cumprimento da sua missão. Essa limitação intrínseca do SC é a maior preocupação de seu comandante, que pode ser definida:

A maior preocupação do comandante de um submarino convencional consiste em manter a capacidade das baterias de seu submarino com uma carga tal que o permita desenvolver a velocidade necessária ao posicionamento para interceptar uma Força Naval, lançar seu armamento e, logo após, ter a capacidade da bateria em um nível suficiente para evadir-se do local, até que possa, de forma segura, retornar à cota periscópica e recarregar suas baterias (PIRES MARTINS, 2012, p.37).

Outra desvantagem de um SC comparado com o SSN é referente à capacidade de seu sonar. Segundo Stevens (1999), sensores acústicos de longo alcance requerem uma extensão relativamente grande de casco, o que só é oferecida por submarinos nucleares. A forma do casco de um SC impõe restrições que resultam na necessidade de emprego de frequências mais altas e menores potências em seu sonar, limitando sua capacidade de detecção acústica.

Assim, é compreendido que os SC têm maiores limitações, quando comparados com os SSN, em utilizar apenas dados de seus sonares para o acompanhamento e a obtenção de

solução do problema de tiro para engajamento com torpedos, carecendo, por vezes, empregar o periscópio ou outro sensor acima d'água para tal.

Apesar de termos apresentado no item 2.1 que as regiões litorâneas são as áreas mais recomendadas para a operação dos SC, por vezes, eles necessitam expor uma variedade de mastros. Os periscópios são içados para varreduras de segurança, de vigilância e de observação visual durante ataques de torpedos. Os mastros de comunicação são içados para transmitir e receber informações. Já o esnórquel é utilizado quando os SC recarregam suas baterias. Quando um submarino expõe um mastro, ele é vulnerável à detecção visual e ao radar. Sistemas radar de aeronaves podem, assim, detectar todos os tipos de exposição de mastros (OUSBORNE, 1997).

As regiões litorâneas, onde, normalmente, operam SC, são acusticamente imprevisíveis. A fonte primária de detecção do SSN sempre foi a acústica, por meio do ruído de banda estreita. Por outro lado, a do SC é a exposição frequente ao mastro. A tecnologia do sonar passivo funcionou bem contra o SSN, mas é, praticamente, ineficaz, em faixas táticas, contra os SC empregando seus motores elétricos (STEVENS, 1999).

Sendo assim, constatamos que a combinação das limitações proporcionadas pelo ambiente acústico litorâneo desfavorável, com as restrições naturais dos SC, corrobora com o aumento da sua taxa de indiscrição. Essa é uma fraqueza que pode e deve ser explorada pelo adversário.

Essa exploração pode, então, ser visual ou radar, não só na tentativa de detecção, mas, também, de forma a impedir o submarino de cumprir sua missão. Neste último caso, um meio envolvido, nesta ação, emprega seus sensores ativos de maneira que sua presença seja percebida pelo submarino, aumentando a área de insegurança criada por sua presença, dissuadindo-o de esnorquear ou fazendo com que consuma grande parte da carga da sua bateria para evasão ou assunção de determinado rumo de fuga (PERKINS, 2016).

Apesar de ser empregado com este objetivo, os radares apresentam uma série de limitações para se detectar um periscópio ou outro mastro do submarino. Quando o mar apresenta muitas ondas, os periscópios são, dificilmente, identificados no radar. Além disso, nas áreas litorâneas, pequenas embarcações, detritos e outros objetos pequenos podem produzir uma série de alvos falsos, dificultando a identificação do contato correto. Para mitigar essas limitações, técnicas de processamento são aplicadas aos radares para a filtragem e a apresentação das informações ao operador (FOARD, 1997). Uma alta taxa de classificação correta é a tarefa mais difícil de alcançar para um radar desenvolvido para a detecção de um periscópio nesse ambiente. O recurso de acompanhamento automático auxilia nessa tarefa, quando empregado em conjunto com as técnicas de processamento do radar (STEVENS, 1999).

De acordo com Shannon e Moser (2014), outro fator complicador para a detecção do periscópio por radar é o fato da sua exposição ser rápida, na ordem de poucos segundos. Isso é, particularmente, verdadeiro para um periscópio moderno acoplado de recursos avançados MAGE¹⁰, que podem contradetectar o radar muito antes deste detectar o periscópio. Outro desenvolvimento desfavorável é o uso de materiais absorventes de radiação para minimizar sua seção reta radar.

Contudo, apesar da dificuldade de se, efetivamente, detectar o periscópio, antena ou esnórquel, as respostas tomadas pelo submarino para evitar essa detecção interferem diretamente na sua missão. Deixar de esnorquear em um determinado momento pode ser crítico para o SC, impedindo-o de se posicionar corretamente para o engajamento de um alvo, por exemplo. Deixar de usar o MAGE ou periscópio em determinado instante pode ser crucial na tentativa de identificação de uma força e tal atraso pode ser suficiente para que uma força adversária seja bem sucedida em evitar o engajamento pelo inimigo.

Nesse sentido, Cote Jr. (2003) expõe que a combinação do emprego de altas

¹⁰ Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica.

velocidades por uma Força Naval em trânsito, com uma intensa busca radar dentro das linhas limites de aproximação¹¹ criadas por essa velocidade, sempre foi uma tática importante na guerra A/S contra os SC. Da mesma forma, a inundação radar, na qual uma grande área é continuamente iluminada com rádio frequência (RF), de modo a alarmar o MAGE ou um Receptor de Alerta Radar (RWR)¹² de um submarino sempre que este os expõe, também é uma tática tradicional contra esse tipo de submarino.

Assim, podemos afirmar que o emprego radar contra submarinos tem duas vertentes: a primeira, quando o objetivo é efetivamente se detectar o periscópio, o esnórquel ou os mastros do submarino; e a segunda, quando a inundação radar tem o objetivo de assediar o submarino, inibindo-o de empregar seus sensores acima d'água, impedindo ou tornando mais complexo o cumprimento de sua missão, ou seja, uma forma de “negar o uso da superfície ao submarino”.

2.3 Emprego A/S das Aeronaves de Patrulha Marítima

Os MPA são plataformas multifuncionais, capazes de executar um amplo espectro de missões, desde a vigilância marítima¹³ até operações navais, com destaque para as Operações de Ataque e Antissubmarino. Para efeito deste trabalho, destacaremos as suas capacidades A/S, com foco na detecção do submarino acima d'água.

¹¹ Linhas limites de aproximação são linhas que definem, em relação à direção de avanço de uma força, o setor em que o submarino deverá se posicionar para ter condições de se aproximar e, assim, colocar a unidade que deseja engajar, dentro do alcance de seus torpedos. Quanto maior for a diferença entre a velocidade da força e a velocidade que o submarino tem condições de empregar para a aproximação, mais estreito é o setor.

¹² RWR - *Radar Warning Receiver* é um sistema de detecção de emissões de ondas eletromagnéticas dos sistemas de radar. Sua finalidade principal é a de emitir um aviso quando o sinal de radar que possa ser uma ameaça é detectado.

¹³ A Vigilância Marítima (*Maritime Surveillance*) se difere da Patrulha Marítima (*Maritime Patrol*). O termo aeronave de vigilância marítima tem sido comumente utilizado para designar plataformas aéreas desarmadas, utilizadas apenas para vigilância e reconhecimento. Para este estudo, consideraremos MPA (*Maritime Patrol Aircraft*) as aeronaves de asa fixa com capacidades antissubmarino e de empregar armamentos.

As principais características de um MPA são: a grande autonomia e o raio de ação, inclusive em altitudes relativamente baixas; a ampla capacidade de transporte e o emprego de armamentos variados, como mísseis anti-navio, cargas de profundidade, minas e torpedos; e espaço interno suficiente e capacidade de geração de energia para suportar um grande número de sistemas táticos e consoles do operador. Esses requisitos mencionados acarretam a necessidade de um meio aéreo de grande porte (KAINIKARA, 2016).

Para a Guerra Antissubmarino (A/S), Lilley (2014) define as tarefas clássicas de um MPA, que são constituídas, normalmente, por quatro fases sequenciais: busca, na qual sensores ASW são empregados em determinada área definida por alguma informação recebida; localização, que pode ser definida como a detecção inicial, determinação da posição, de rumo e de velocidade do submarino; acompanhamento, caracterizada pela manutenção constante da posição, do rumo e da velocidade; e, finalmente, o ataque, que é o lançamento do armamento A/S.

Para as fases de busca, de localização e de acompanhamento A/S, Jorgensen (2002), citando como exemplo a aeronave P-3C Orion, divide os sensores em acústicos e não acústicos. Os não acústicos são aqueles, normalmente, operados pelo controlador da Guerra Eletrônica, enquanto os operadores acústicos operam os sensores abaixo d'água.

Os sensores acústicos dos MPA, de maneira geral, incluem os subsistemas empregados para coletar e processar os sinais das boias radiofônicas. As BRS podem ser ativas, passivas ou multiestáticas¹⁴. Já os sensores não acústicos normalmente empregados são os radares de vigilância multimiragem, de abertura sintética (SAR)¹⁵ e de abertura sintética

¹⁴ São sonobóias empregadas em um sistema caracterizado por ser um sistema de sonar ativo, composto por dois tipos de boias (fonte e receptor) e um conjunto software de processamento acústico. Ele é empregado pelos MPA para busca e localização de submarinos em várias condições oceanográficas, também podendo ser empregado em conjunto com navios de superfície.

¹⁵ O radar SAR (*Sinthetic Aperture Radar*), usa o movimento da aeronave para "simular" uma antena bem maior do que ela realmente é. Normalmente é usado para obter a imagem de objetos fixos como o terreno e bases militares.

inversa (ISAR)¹⁶, além de sistemas optrônico¹⁷, MAGE e MAD (WATERS, 2015).

Os radares de vigilância dos MPA são, em geral radares de baixa probabilidade de interceptação (LPI)¹⁸, que empregam técnicas de compressão de pulso, usados para busca, acompanhamento, localização, identificação, aquisição, designação, formação de imagem de alvo, detecção de periscópio e engajamento. Formas de onda usadas pelo radar LPI fazem com que os RWRs e sistemas MAGE convencionais o detectem a curtas distâncias. Nesses casos, o alcance de detecção do sistema RWR / MAGE pode ser menor do que o alcance operacional do radar LPI, fornecendo uma desvantagem de detecção para os sistemas RWR / MAGE em relação ao radar. O radar LPI possui uma poderosa capacidade de detecção, ao mesmo tempo em que não é facilmente detectado pelo equipamento de reconhecimento (DENK, 2006).

Assim, podemos perceber que os MPA estão equipados com os mais variáveis sensores para se detectar um submarino. Para a detecção abaixo d'água, coerente com o apresentado nos itens 2.1 e 2.2, o seu sistema acústico empregando BRS, normalmente, tem mais sucesso contra SSN, maiores e mais ruidosos. Contra os silenciosos SC, o emprego de BRS ativas pode obter mais êxito quando comparado com as passivas, mas, ainda assim, é uma tarefa custosa.

Por conta disto, a exploração da indiscrição cometida pelo submarino é um aspecto em que os MPA estão preparados. Com relação aos radares, a técnica de compressão de pulso aumenta a probabilidade de detecção do periscópio, antena ou esnórquel. Além do mais, impede que os submarinos obtenham com precisão a intensidade do sinal radar através do RWR ou MAGE, tornando mais incerta a estimativa de distância da fonte emissora. Já a capacidade SAR e ISAR, permite a criação de imagens, melhorando o reconhecimento a longas distâncias.

¹⁶ O radar ISAR (*Inverse Synthetic Aperture Radar*) consegue a mesma abertura sintética do SAR, porém sem que o transmissor/receptor precise mover-se, utilizando-se do pequeno movimento de giro do alvo. Os sistemas de ISAR são usados, tipicamente, para a obtenção de imagens e a identificação de longo alcance de alvos. Os melhores alvos para ISAR são os navios, que tendem a balançar periodicamente com o estado do mar.

¹⁷ Torre móvel giro-estabilizada, constituída de sensores infravermelhos e eletro-ópticos de longo alcance

¹⁸ LPI - *Low Probability of Intercept*, é o termo mais comumente empregado ao longo da literatura pesquisada sobre o equipamento.

Adicionalmente, a vigilância ótica com o sistema optrônico pode ser usado como meio complementar, tanto para a obtenção de contatos iniciais, quanto para a classificação dos contatos obtidos por outros meios.

Tendo em vista os aspectos observados, o MPA se encaixa como distinta alternativa na guerra A/S. Especialmente acima d'água, que é o escopo deste trabalho, quando o objetivo é a detecção do periscópio, esnórquel ou outros mastros. A capacidade LPI do radar pode favorecer a detecção antes que o submarino perceba a ameaça e venha a mergulhar, utilizando, posteriormente, o modo ISAR ou o FLIR para a sua identificação. Já quando o objetivo é a inundação radar, conforme apresentada no item 2.2, a velocidade da aeronave torna ainda mais complexa a tarefa do submarino de inferir a área que está sendo coberta, interferindo diretamente em sua missão.

3 O HISTÓRICO E A EVOLUÇÃO

Neste capítulo, apresentaremos o histórico do desenvolvimento da aviação de patrulha marítima e da doutrina de seu emprego na Guerra A/S. Iniciando pela Primeira Guerra Mundial (1GM), apresentaremos os primeiros modelos de meios aéreos a serem empregados em esclarecimento em apoio a uma Força Naval, sua evolução e os ganhos obtidos por sua operação. No que tange à Segunda Guerra Mundial (1939-1945), abordaremos, essencialmente, os desafios enfrentados pelos Aliados contra os U-boats, durante a Batalha do Atlântico (1939-1945), e como esses obstáculos influenciaram a adoção de novas estratégias A/S com a participação das aeronaves. Por fim, no pós-guerra e Guerra Fria, trataremos sobre as grandes mudanças nos preceitos na Guerra A/S decorrentes do início do emprego de submarinos com propulsão nuclear e os impactos no emprego da Aviação de Patrulha Marítima, chegando até a Guerra das Malvinas (1982) com suas singularidades nas operações A/S.

3.1 A Patrulha Marítima durante a Primeira Guerra Mundial

A Aviação de Patrulha Marítima está diretamente ligada ao surgimento da Aviação Naval. Muito antes do porta-aviões ser apresentado, o potencial do avião como uma plataforma de vigilância capaz de executar tarefas A/S e de escolta já havia sido reconhecido. Apenas dois anos após a primeira decolagem de uma aeronave de um navio,¹⁹ uma série de testes foi iniciada na Baía de Chesapeake, nos Estados Unidos da América (EUA), em 1912, para avaliar a possibilidade de localizar submarinos do ar. (KEANE; EASTERLING, 2003).

¹⁹ Eugene Ely's foi o primeiro piloto a alçar voo a partir de um navio, em 14 de novembro de 1910. O navio era cruzador USS Birmingham, fundeado em Hampton Roads, Virgínia, EUA, onde uma rampa para a decolagem foi improvisada (KEANE; EASTERLING, 2003).

A partir de 1914, na 1GM, tanto os Aliados quanto as Potências Centrais empregaram um número significativo de aeronaves, inicialmente para tarefas de esclarecimento e escolta. Em função de sua autonomia relativamente grande, os dirigíveis foram amplamente utilizados em operações A/S. A Alemanha construiu mais de 100 deles, empregando-os em operações de esclarecimento, em bombardeio estratégico e em apoio em escolta, buscando tanto meios de superfície como submarinos. (POLMAR; WHITMAN, 2015).

Os Aliados não superaram os alemães em número de dirigíveis rígidos, porém, em 1915, a *Royal Navy* (RN)²⁰ incorporou uma versão mais leve e não rígida dos dirigíveis, conhecida como *blimps*. Segundo Abbatiello (2006), com o progresso da guerra, as operações antissubmarino foram apoiadas por *blimps* cada vez maiores e com maior autonomia. Eles executavam patrulhas A/S melhor do que as aeronaves de asa fixa da época, porque, além da maior autonomia, podiam pairar para uma melhor investigação de contato, possuíam maior capacidade de comunicação e de navegação e as tarefas a bordo eram menores, dando à tripulação mais tempo para buscar submarinos. Por outro lado, as desvantagens eram a dependência de ventos relativamente calmos, a baixa velocidade, a vulnerabilidade a aeronaves inimigas e a maior necessidade de recursos e de apoio em terra.

Assim, vemos a origem da Patrulha Marítima já com atenção às características que são necessárias, ainda hoje, em um MPA, que são a grande autonomia e a capacidade de esclarecimento. A grande autonomia fazia dos *blimps* os meios mais indicados até aquele momento para apoiar as escoltas de comboios em águas próximas, estratégia essa que foi amplamente empregada na Grande Guerra.

Apesar das limitações apresentadas pelo *blimp*, o ganho proporcionado ao comboio, pôde ser, assim, bem caracterizado:

Embora geralmente muito lentos para executar ataques diretos quando submarinos eram identificados na superfície, os *blimps* colaboraram bem com os escoltas de superfície, que podiam ser rapidamente vetorados para alvos avistados do ar por meio

²⁰ *Royal Navy* é o ramo naval das Forças Armadas do Reino Unido.

de quaisquer sinalizações visual ou rádio. Adicionalmente, a mera presença de um dirigível sobre o comboio era frequentemente suficiente para manter os U-boats que acompanhavam a força submersos, restringindo assim sua velocidade e esgotando suas baterias. (POLMAR; WHITMAN, 2015, p. 62, tradução do autor²¹).

Além dos *blimps*, os britânicos também empregaram durante as escoltas a comboios, como uma plataforma de vigilância, os denominados *kite balloons*, balões lançados por meios de superfície e rebocados como uma pipa, com uma cesta suspensa guarnecida por um militar, que proporcionava uma visão mais elevada, facilitando a identificação antecipada de um submarino na superfície (ABBATIELLO, 2006).

Com a entrada dos EUA, em 1917 na guerra, a aviação naval norte-americana se juntou às missões de patrulha no Mar do Norte e às escoltas de comboios. Os pequenos hidroaviões em uso pelos Aliados, na época, eram muito limitados em carga útil e em raio de ação para fornecer cobertura suficiente aos comboios no meio do Atlântico. Nos EUA, a produção de hidroaviões de patrulha aumentou, mas, devido ao seu alcance limitado, foi necessário enviá-los por comboio transitando em águas patrulhadas pelos submarinos que eles pretendiam derrotar (KEANE; EASTERLING, 2003).

Com a chegada das aeronaves estadunidenses e a sua evolução no decorrer da guerra em conjunto com as aeronaves britânicas, principalmente com relação à potência, à autonomia e à carga útil, os Aliados nutriram o desenvolvimento das táticas aéreas A/S.

As ações coordenadas de aeronaves tornaram possível esclarecer uma grande área no oceano, afastado da costa, e manter a presença contínua na área através da rendição sequencial de unidades. Essa presença contínua era necessária para manter os U-boats submersos, situação na qual sua velocidade, sua autonomia e sua capacidade de esclarecimento

²¹ No original: “Although generally too slow to prosecute direct attacks when surfaced submarines were spotted, the blimps collaborated well with surface escorts, which could be quickly vectored to targets sighted from the air by means of either visual or radio signaling. Additionally, the mere presence of an airship over a convoy often sufficed to keep shadowing U-boats submerged, thus restricting their speed and depleting their batteries.”

eram limitadas. Uma tática adotada, nesse sentido, no estreito de Dover, foi a *Spider Web*²² (*teia de aranha*) (FIG. 1, ANEXO A), que consistia em uma área octogonal de cerca de 60 milhas de diâmetro que era patrulhada continuamente por hidroaviões. Embora as primeiras bombas de profundidade fossem pequenas e ineficazes e a tarefa de atingir um submarino mergulhando rapidamente exigisse muita habilidade, os submarinos eram intimidados apenas pela presença de aeronaves inimigas. (POLMAR; WHITMAN, 2015).

Com o bom desempenho obtido com o sistema de comboios e a *Spider Web*, os alemães mudaram suas ações para as rotas costeiras que levavam aos pontos de formação dos comboios. De acordo com Abbatiello (2006), em resposta, os britânicos passaram a adotar a tática chamada de *Scarecrow*²³ (espantalho), com o objetivo de explorar a dissuasão em função da forte cobertura aérea na área. Cada vez que uma aeronave era observada, os submarinos eram forçados a mergulhar, pois não sabiam se a aeronave representava uma ameaça, fazendo, assim, com que seu tempo na zona de patrulha fosse infrutífero.

A Alemanha e seus aliados também operaram aeronaves convencionais na guerra A/S, porém em uma escala limitada, predominando o emprego nos Mares Báltico e Adriático. De maneira geral, nos dois lados da guerra, apesar de inúmeras reivindicações de sucesso, oficialmente, apenas cinco submarinos foram destruídos efetivamente por aeronaves: dois alemães, dois britânicos e um francês (POLMAR; WHITMAN, 2015).

Em razão do resultado não expressivo em números de submarinos destruídos ao final da guerra e das limitações de armamento e de autonomia, poderia-se considerar que o emprego de aeronaves nas operações A/S não foi significativo. Entretanto, um aspecto difícil de mensurar é o de quantos submarinos deixaram de cumprir sua missão, engajar um navio

²² A *Spider Web*, iniciada em meados de abril de 1917, frustrou a principal rota de trânsito de U-boats no Canal da Mancha. Nas duas primeiras semanas de seu emprego, oito U-boats foram detectados do ar e três atacados (POLMAR; WHITMAN, 2015).

²³ A tática *scarecrow* envolvia a montagem do maior número possível de aeronaves de todos os tipos, mesmo as obsoletas e desarmadas, mantendo uma patrulha intensa nas águas costeiras, de forma a garantir que pontos ao longo de rotas marítimas fossem cobertos pelo menos a cada 20 minutos (POLMAR; WHITMAN, 2015).

mercante, um comboio ou um meio de superfície hostil em função da necessidade de se ocultar de uma aeronave. O fato de os alemães mudarem o foco do ataque a comboios para a operação no litoral, reforça o entendimento do mérito do emprego das aeronaves na 1GM.

3.2 O Período Entreguerras e a Segunda Guerra Mundial

Para a aviação de patrulha marítima, a 1GM foi fundamental para o desenvolvimento de aeronaves, de motores e de técnicas de voo que permitiriam o voo transatlântico. Por sua vez, o Período Entreguerras foi caracterizado pela busca contínua pela melhoria da autonomia e da resistência dos hidroaviões e o aperfeiçoamento dos sensores e as armas A/S (KEANE; EASTERLING, 2003).

O Período Entreguerras, no campo das operações A/S, ficou reconhecido também pelos esforços na solução do problema da 1GM, que era a proteção de comboios contra os submarinos alemães isolados. A base da solução foi o desenvolvimento pelos britânicos do primeiro sonar ativo, originalmente chamado ASDIC²⁴, que pareceu dar à escolta do comboio uma capacidade de detectar e engajar submarinos submersos, capacidade ausente durante a 1GM. Por outro lado, os submarinos alemães estavam se preparando para uma batalha que ocorreria em grande parte na superfície, onde o ASDIC não seria eficaz. Assim, os dois lados estavam se preparando para batalhas em circunstâncias dispare (COTE JR, 2003).

Enquanto o ASDIC já apresentava um desenvolvimento relativamente avançado no prelúdio da Segunda Guerra Mundial (2GM), outro sensor de grande importância para as

²⁴ Por medidas de segurança, o termo ASDIC foi criado para encobrir o programa de desenvolvimento do sonar ativo. O termo foi utilizado pela RN até a década de 50, quando passou a ser adotado o termo “sonar” de origem norte americana. Durante a 1GM, os hidrofones foram usados pelos navios escoltas para detecção de submarinos submersos, mas, para usar esse sonar passivo, necessitavam parar para impedir que o ruído próprio encobrisse o sinal do submarino. Além disso, o sonar passivo apresentava apenas a direção do alvo, sem seu alcance. O sonar ativo rompeu com esses limitadores, dando aos navios a capacidade de localizar e atacar submarinos submersos. (POLMAR; WHITMAN, 2015).

operações A/S, o radar, atraiu maior atenção no início da década de 30 e apresentava capacidades ainda limitadas no início da 2GM (POLMAR; WHITMAN, 2015).

Em vista do desenvolvimento do ASDIC e da previsão superestimada de seu protagonismo na guerra A/S, a atenção dada ao desenvolvimento de aeronaves para missões A/S não foi proporcional à sua importância percebida na 1GM, ficando, assim, seu desenvolvimento praticamente cerceado à ampliação das capacidades que já possuíam na 1GM.

Com o início dos confrontos, o comando costeiro da *Royal Air Force*²⁵ (RAF) iniciou as patrulhas no Mar do Norte com a intenção de detectar e engajar navios e submarinos alemães em trânsito para o Atlântico. Entretanto, as desvantagens da transferência desse tipo de missão da RN para a RAF ficaram latentes. De acordo com Polmar e Whitman (2015), os meios aéreos não estavam inseridos em uma estrutura de comando bem definida nas operações navais. Além disso, não contavam com procedimentos de comunicação com os navios A/S e a tripulação não estava adequadamente preparada para a operação em mar aberto, a detecção de submarinos e o emprego do armamento A/S, que exigia muita precisão em função do pequeno raio de avaria. Dessa forma, a RAF, nesse momento da guerra, efetivamente, só possuía condições de realizar a tática “*Scarecrow*” da 1GM.

Nas primeiras batalhas reais com submarinos alemães entre junho e outubro de 1940, os britânicos tiveram perdas expressivas de navios mercantes, perdas essas ainda mais preocupantes em função de 30% delas terem sucedido em comboios escoltados. Dessa forma, mesmo com uma força de submarinos relativamente pequena, os alemães estavam demonstrando que o ASDIC não estava sendo eficaz contra submarinos atacando, individualmente, na superfície no período noturno. Essa situação ainda viria a ficar mais crítica com o início do

²⁵ Ao final da Grande Guerra, em 1918, a RN perdeu seu braço aéreo com a criação da *Royal Air Force* (RAF). Entretanto, foi esperado, na época, o emprego de aeronaves de reconhecimento e bombardeio em terra, na condução de operações A/S (POLMAR; WHITMAN, 2015).

emprego da tática da “matilha”²⁶, em 1941, e o acesso conquistado pelos alemães às bases francesas e norueguesas (COTE JR, 2003).

Assim, percebe-se que o Período Entreguerras, à vista dos resultados favoráveis alcançados no início da 2GM, representou uma superioridade dos alemães com relação ao desenvolvimento tecnológico. O emprego do ASDIC foi anulado pelo emprego noturno dos submarinos, atacando a partir da superfície. Com isso, apenas o aumento na produção de navios escolta não seria suficiente para que os aliados conquistassem melhores resultados. Nesse momento, as vantagens obtidas com o emprego de aeronaves em esclarecimento foram mitigadas pelos alemães em decorrência dos ataques noturnos. A ausência do radar ou seu emprego ainda limitado em aeronaves foi explorado pelos U-boats.

Até março de 1941, principalmente em função da Batalha da Grã-Bretanha (10 de julho de 1940 – 31 de outubro de 1940), a prioridade dos britânicos era o desenvolvimento e o emprego das aeronaves em missão de interceptação, deixando as aeronaves de patrulha costeira em segundo plano. Essas aeronaves ainda empregavam a primeira versão do radar, na qual os contatos eram perdidos a curta distância em função da reverberação, perdendo a vantagem de se poder detectar um submarino à noite, pois o engajamento com bombas não era possível nessa situação (POLMAR; WHITMAN, 2015).

A partir de 1942, novos sensores e armas foram introduzidos, sendo desenvolvidas e instaladas versões mais aperfeiçoadas do radar britânico ASV (ASV-II) em aviões de patrulha (KEANE; EASTERLING, 2003). Esse radar aprimorado, ASV-II, em conjunto com o emprego do holofote, permitiu diminuir o *gap* da impraticabilidade da realização de ataques noturnos.

Assim, Polmar e Whitman (2015) argumentam que o aumento da efetividade na proteção dos comboios, até mesmo contra as matilhas, estava relacionado ao aumento no

²⁶ A tática da "matilha", (em alemão *Rüdeltaktik*), desenvolvida pelo almirante alemão Karl Doenitz, consistia no emprego da comunicação em HF pelos submarinos para reportar a posição de um comboio a um posto de comando central, que poderia transmitir essas informações a todos os outros submarinos na área possibilitando um ataque concentrado (COTE JR, 2003).

número de aeronaves A/S baseadas no entorno do Atlântico Norte e em função do maior número de aeronaves equipadas com o novo radar “centimétrico”²⁷.

Além dos novos radares, desde o final de 1942 até os primeiros meses do ano seguinte, foram implementadas quatro inovações importantes para as aeronaves A/S (POLMAR; WHITMAN, 2015):

a) O MAD, que apresentava distâncias de detecção muito curtas, não podendo, portanto, ser utilizado para busca, sendo, na prática, empregado apenas para a realização do engajamento, ainda assim dependendo do emprego conjunto de “retro-bombas”²⁸ que eram lançadas para ré;

b) As BRS, que nas primeiras versões operacionais não apresentavam a direção, eram capazes apenas de detectar ruídos de submarinos empregando altas velocidades. Os primeiros conjuntos de BRS com seus respectivos rádios receptores foram instalados em dirigíveis e aeronaves A/S em 1943;

c) Os foguetes A/S foram concebidos com a intenção de se resolver o problema da baixa efetividade das bombas de profundidade da época e que, até o momento, apresentavam apenas 9% de sucesso na destruição de submarinos. Foram implementados adaptando-se foguetes antitanque para o uso em aeronaves A/S, a partir de 1942; e

d) O torpedo de guiagem acústica foi o armamento mais revolucionário desenvolvido para aeronaves A/S na época. O chamado “*Mark 24 Mine*”, conhecido também como “Fido”, foi o primeiro torpedo de guiagem acústica empregado em combate. Projetado também em consequência da baixa eficácia das bombas de profundidade, o “Fido”, até o final da guerra, foi responsável pela destruição de 37 submarinos, com uma taxa de sucesso de 18%,

²⁷ O radar centimétrico permitiu a detecção de objetos de pequena dimensão e o uso de antenas menores do que os radares de baixa frequência anteriores (POLMAR; WHITMAN, 2015).

²⁸ Em função da detecção do contato no MAD ocorrer somente quanto a aeronave se encontrava praticamente sobre o submarino, o lançamento de uma bomba comum, nesse momento, não teria sucesso, pois ela se deslocaria no sentido de movimento da aeronave, atingindo a água em distâncias que não infringiriam danos ao submarino. Assim, foi necessário o emprego conjunto das “retro-bombas”, que era um dispositivo que lançava a bomba para ré, cancelando sua velocidade inicial.

o dobro do conseguido com as bombas.

Sendo assim, os Aliados, que começaram a guerra A/S com resultados negativos pelos aspectos já apresentados, passaram a investir na pesquisa, no desenvolvimento e na produção de novos sensores e armamentos com o desenrolar da guerra, de forma a aprimorar suas aeronaves A/S. A vulnerabilidade identificada em função dos ataques noturnos dos U-boats foi mitigada com o desenvolvimento dos radares, MAD, BRS, além do início do emprego de holofotes. Já a efetividade dos ataques foi potencializada com os novos armamentos.

O êxito no emprego de aeronaves A/S na 2GM foi resultado da união dos novos radares com as aeronaves de bombardeio de longo alcance, que pôde ser assim caracterizada:

O radar permitiu que as aeronaves detectassem submarinos na superfície a distâncias de vinte a trinta milhas, e aeronaves de raio de ação muito longo eliminaram as lacunas na cobertura aérea sobre o Atlântico que existiam durante os três primeiros anos da guerra. As patrulhas aéreas antissubmarino expandiram muito o raio em torno de um comboio no qual era perigoso para um submarino vir à superfície, e foi a capacidade dos submarinos de operar na superfície perto de comboios que foi a base para a tática da matilha de lobos. Forçado a submergir, o submarino perdeu muito de sua mobilidade tática, bem como sua capacidade de comunicação, e, portanto, perdeu também muito de seu poder ofensivo (COTE JR, 2003, p. 10, tradução do autor²⁹).

Tendo em vista os aspectos observados, percebe-se o protagonismo do emprego de aeronaves nas operações A/S, assim como ocorreu na 1GM. Na 2GM, por sua vez, esse emprego evoluiu, da simples detecção ou assédio³⁰, para a efetiva destruição dos submarinos. Observando os resultados obtidos (TAB. 1, ANEXO C), percebemos uma superioridade no número de submarinos destruídos exclusivamente por aeronaves dos Aliados em relação aos navios.

O desenvolvimento do radar mostrou ser uma peça chave na definição da vantagem

²⁹ No original: “Radar allowed aircraft to detect surfaced submarines at ranges of twenty to thirty miles, and very long-range aircraft eliminated the gaps in air coverage over the Atlantic that existed during the first three years of the war. Air ASW patrols greatly expanded the radius around a convoy in which it was dangerous for a U-boat to surface, and it was the ability of U-boats to operate on the surface near convoys that was the basis for the wolf pack tactic. Forced to submerge, the U-boat lost much of its tactical mobility as well as its ability to communicate, and therefore lost much of its offensive punch as well.”

³⁰ Uma ação na qual o objetivo principal é interromper as atividades de uma unidade, uma instalação ou um meio, em vez de causar danos ou destruí-lo.

dos Aliados nessa disputa entre aeronaves e submarinos, visto que a capacidade de detecção a maiores distâncias proporcionou maior tempo de reação para a força naval. Por sua vez, o radar também possibilitou a detecção no período noturno, o que pode ser considerado um ponto de inflexão na capacitação das aeronaves frente às matilhas que, com o suporte das novas tecnologias desenvolvidas, corroboraram para a mudança de papel dos meios aéreos na Guerra A/S, passando de meros esclarecedores para também expressivos atacantes.

3.3 Transformações no Pós-Segunda Guerra e Guerra Fria

A Guerra Antissubmarino durante o pós-Segunda Guerra e a Guerra Fria pode ser dividida para o propósito deste trabalho em dois estágios, que correspondem a grandes avanços nos projetos de submarinos. Essas etapas principais foram a adaptação e o emprego da tecnologia do submarino diesel-elétrico alemão do Tipo XXI e a aplicação da energia nuclear na propulsão dos submarinos.

No final da 2GM, os alemães iniciavam o emprego de um novo submarino, desenvolvido para anular as principais deficiências dos U-boats, que estavam sendo exploradas pelos Aliados nas ações A/S. O chamado “Tipo XXI” empreendeu três alterações de projeto focando nas operações submersas. Essas mudanças foram uma maior capacidade da bateria, melhoria na hidrodinâmica para a obtenção alta velocidade submerso e o esnórquel, permitindo a operação do motor diesel sem a necessidade de o submarino vir à superfície. Por acordo, Pós-Segunda Guerra, os “Tipo XXI” prontos e os inacabados foram alocados para os estadunidenses, os britânicos e os soviéticos. Ao mesmo tempo que usufruiu da vantagem de adquirir a tecnologia do tipo XXI, a Marinha dos EUA percebeu o desafio que enfrentaria na guerra A/S, com a Marinha da União Soviética construindo muitos submarinos desse tipo (COTE JR, 2003).

No Pós-Segunda Guerra, o desenvolvimento dos sensores não foi suficiente para se contrapor aos novos submarinos empregando esnórquel. O principal avanço obtido pelos EUA foi o radar APS-20, que podia detectar submarinos na superfície a cerca de 100 milhas náuticas, entretanto, considerava-se que teriam pouco sucesso na detecção do esnórquel do submarino (POLMAR; WHITMAN, 2016). Em 1950, o desenvolvimento do radar APS-20 chegou a recuperar parte da capacidade de detecção perdida com a chegada do esnórquel, porém o problema não foi eliminado, pois o radar precisava de melhorias contínuas uma vez que, paralelamente, os soviéticos poderiam buscar cada vez mais a redução da seção reta radar do esnórquel (COTE JR, 2003).

Em antecipação a essa ameaça, o Chefe de Operações Navais da USN, Almirante Chester W. Nimitz (1885 - 1966), desdobrou as necessidades de mudança da estratégia A/S em duas direções: um caminho evolutivo, que enfatizava, no nível técnico, melhores radares para as aeronaves A/S, melhores sonares ativos para as escoltas de superfície e melhores armas para ambos, juntamente à integração dos meios para explorar os pontos fortes e compensar os pontos fracos de cada plataforma A/S. Já o caminho revolucionário visava à introdução de um novo sensor, a matriz acústica passiva e uma nova plataforma que era o submarino A/S (COTE JR, 2003).

Dessa forma, o primeiro estágio de avanço dos submarinos, com a introdução do esnórquel, regredia o desempenho das aeronaves A/S ao nível constatado no final da Grande Guerra e no início da 2GM, caracterizado por uma capacidade de detecção limitada. Tal fase se caracterizou, para o desenvolvimento tecnológico, como a concorrência entre a busca por melhores capacidades de detecção radar contra a evolução na capacidade de ocultação do esnórquel.

Essa disputa evolutiva deixou de ser o principal problema para as forças A/S, não pelos resultados alcançados pelo radar, mas, sim, pela inserção de um obstáculo ainda maior

nesse desafio, que era o início do emprego da propulsão nuclear nos submarinos.

O segundo estágio da Guerra A/S durante a Guerra Fria foi o emprego da propulsão nuclear em submarinos. Em 1954, o estadunidense *Nautilus* foi o primeiro submarino a ser comissionado com essa capacidade. Na sequência, os soviéticos iniciaram o desenvolvimento do projeto de submarino nuclear 627, de codinome *NOVEMBER*, definido pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), que foi lançado em 1958. Em prosseguimento, os dois lados continuaram a produção de novos submarinos nucleares, iniciando uma época de novos desafios para a Guerra A/S. (POLMAR; WHITMAN, 2016).

Os exercícios A/S conduzidos pela USN com o *Nautilus* mostraram que todo o progresso nas táticas A/S obtidos nos últimos anos, não eram válidas para esse novo tipo de ameaça. Em função de não necessitar esnorquear, sua detecção acima d'água ficou limitada às possíveis utilizações de sensores acima d'água. Sua alta velocidade mantida não permitia o acompanhamento pelos sonares ativos dos navios escoltas e, além disso, sua manobrabilidade tridimensional, lhe permitiram reduzir a eficiência dos torpedos acústicos A/S existentes. Nesse momento, a chave para esse novo desafio seriam as perspectivas mais inovadoras para as operações A/S baseadas em acústica passiva (COTE JR, 2003).

Apesar da vantagem da velocidade e da não necessidade de exposição do esnórquel, o submarino nuclear apresentava uma desvantagem que era o ruído gerado, muito maior do que um SC quando operando por baterias. Segundo Cote Jr. (2003), para as aeronaves de asa fixa, a resposta para esse desafio era o emprego de boias radioossônicas com a aplicação de técnicas *JEZEBEL*, *CODAR* e *JULIE*³¹ que foram todas desenvolvidas no final da década de 1950. Estes foram os elementos principais de uma nova abordagem da ASW, enfatizando a acústica passiva.

Dessa forma, o principal problema na detecção do submarino por aeronaves

³¹ *JEZEBEL*, *CODAR* e *JULIE* eram diferentes técnicas de processamento de sinal usadas com boias radioossônicas de baixa frequência para busca e localização. *JEZEBEL* realizava o processamento de ruídos de baixa frequência para busca a maiores distâncias, porém, com pouca ou nenhuma resolução de marcação e distância. *CODAR* era um meio de localização passiva do contato enquanto *JULIE* era a técnica ativa.

deixava, pela primeira vez, de ser enfatizado na busca do submarino na superfície ou na CP empregando o esnórquel.

Nesse cenário, vários estados modernizaram seus MPA na década de 60. Pela USN, o sucessor do P2V/P-2 Neptune foi o Lockheed P-3 Orion, aeronave com maiores capacidades em relação ao seu antecessor, que dispunha de armamento A/S, radar, MAD e boias radiossônicas. Esta aeronave foi empregada por mais 17 Estados e os EUA. Além do P-3 Orion, destacam-se, nesse mesmo período, o início de emprego do *Breguet Atlantique*, um MPA desenvolvido por meio de um consórcio da OTAN, que teve como operadores a França, a Itália, a Alemanha e a Holanda. Ainda no final da década de 60, entrou em operação pela RAF o MPA britânico *Nimrod* (POLMAR; WHITMAN, 2016).

Com o desenrolar da Guerra Fria, os esquadrões de MPA espalhados por todo o litoral estadunidense operavam ininterruptamente quando submarinos soviéticos eram detectados dentro do alcance de seus mísseis balísticos. Essa detecção inicial era realizada, normalmente, por submarinos A/S que já o acompanhavam ou por barreiras SOSUS³² e a posição do contato era refinada com o emprego de boias radiossônicas das aeronaves. As bases dos P-3 foram estabelecidas em locais que lhes permitiam acesso rápido às barreiras do SOSUS e, à medida que essas barreiras se expandiram durante os anos 60, o emprego do binômio MPA-SOSUS permitiu cobrir todo o oceano Atlântico e o Pacífico (COTE JR, 2003).

Em resposta à crescente ameaça submarina, foram estabelecidas também bases avançadas que permitiram a cobertura de pontos de estrangulamento estratégicos e rotas marítimas de comunicação em todo o mundo, como o Estreito de Malaca e o Estreito de Gibraltar, onde esquadrões P-3 tinham a missão de acompanhar os movimentos submarinos soviéticos (KEANE; EASTERLING, 2003). No cenário europeu, os MPA da OTAN de diversas

³² O Sistema de Vigilância sonora (SOSUS) foi um sistema de hidrofones passivo desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos para detecção e localização de submarinos soviéticos. Eram conjuntos fixos instalados no fundo do oceano e em pontos estratégicos que permitiam que a informação da localização provável do submarino fosse explorada por outros meios A/S.

nacionalidades e modelos, como *Atlantique* e *Nimrod*, mantinham o acompanhamento constante de submarinos balísticos soviéticos durante o trânsito ou em suas patrulhas, missões essas realizadas com o apoio de Submarinos Nucleares (SSN) da OTAN (PERKINS, 2016).

Em virtude do que foi mencionado, percebemos que, durante a Guerra Fria, o conceito de mundo bipolar influenciou a evolução das Operações A/S. As grandes ameaças se tornaram os Submarinos Nucleares estratégicos e os maiores progressos conquistados na doutrina A/S foram visando a sua detecção. Com isso, para os MPA, os meios acústicos de detecção se tornaram mais imprescindíveis para a Guerra A/S do que os sensores que visavam à detecção de alguma indiscrição acima d'água do submarino.

Ainda inserido no contexto da Guerra Fria, a Guerra das Malvinas (1982) foi o último conflito em que as Operações A/S foram significativas. Apesar de estar incluída no período da Guerra Fria, as peculiaridades da operação a fizeram com que as ações empreendidas fossem distintas da doutrina desenvolvida para a oposição a submarinos nucleares soviéticos.

Os britânicos, que empregaram no conflito 05 SSN e 01 SC, viam com preocupação a capacidade A/S dos argentinos. As maiores ameaças A/S eram oferecidas por dois MPA SP-2E *Neptune* e cinco S-2A *Traker*, mas não houve registros de nenhum contato submarino obtidos por essas aeronaves (POLMAR; WHITMAN, 2016).

Pelo lado da Argentina, que possuía no período apenas dois SC operacionais, o *ARA Santa Fé* e o *ARA San Luiz*, a oposição era uma força A/S considerável compreendida por dois navios aeródromos operando helicópteros *Sea Kings* A/S, contratorpedeiros e fragatas com helicópteros embarcados, além dos cinco SSN cujas missões primárias eram Operações A/S. O emprego do MPA britânico, o *Nimrod*, ficou limitado pela longa distância entre sua base aérea, localizada na Ilha de Ascensão³³, até a área de operações das Malvinas. Além disso, o Atlântico Sul não era coberto pela rede SOSUS, empregada em grandes áreas no Atlântico Norte e no

³³ A Ilha de Ascensão era o campo de pouso mais próximo da área de operações disponível para os britânicos. Ficava localizada a 3.300 milhas ao norte das Ilhas Malvinas (POLMAR; WHITMAN, 2016).

Ártico. Dessa forma, a principal estratégia A/S britânica, que era o emprego conjunto do binômio SOSUS-MPA ficou degradada. (POLMAR; WHITMAN, 2016).

Apesar do pouco emprego do *Nimrod*, o único sucesso nas operações A/S da Guerra das Malvinas, que foi a detecção e o engajamento do submarino *Santa Fé*, foi oriundo de um esclarecimento aéreo. De acordo com Polmar e Whitman (2016), na oportunidade, o *Santa Fé* encontrava-se na superfície, carregando suas baterias e procedendo para águas mais profundas depois de desembarcar tropas e suprimentos na Geórgia do Sul, quando foi detectado pelo radar de um helicóptero britânico Wessex HAS.3. Posteriormente, o *Santa Fé* foi engajado ainda na superfície por bombas de profundidade, metralhadora e mísseis de outros meios da Royal Navy que se aproximaram, impondo danos ao submarino, que se evadiu e encalhou enquanto retornava para o porto, tendo, mais tarde, sua tripulação rendida.

Dado o exposto, é possível concluir que a manutenção do esclarecimento aéreo foi de grande importância nas Operações A/S na Guerra das Malvinas, ainda que o fato de o submarino estar operando na superfície tenha facilitado a obtenção do contato radar. A sobrevivência do *San Luiz* até o final da guerra corrobora, por outro lado, com a dificuldade que é a detecção de um SC silencioso. Entretanto, deve ser considerado, também, que os britânicos não tiveram à disposição, pelo tempo necessário, o seu melhor meio para detecção de um SC cometendo indiscrições, que é o MPA.

4 O QUADRO ATUAL E PERSPECTIVAS

O propósito deste capítulo é apresentar as capacidades atuais e as perspectivas de emprego dos MPA na guerra A/S. Abordaremos, inicialmente, como o aumento global no número de submarinos e o atual nível de desenvolvimento dos submarinos convencionais, com o emprego de novas tecnologias, impactaram na guerra A/S. Em seguida, dentro dessa perspectiva da guerra A/S, analisaremos as tendências de emprego do MPA. Em sequência, apresentaremos as novas tecnologias empregadas no MPA e como elas podem contribuir para o enfrentamento dessas novas ameaças.

4.1 A ameaça atual de submarinos convencionais

Com o fim da Guerra Fria, a expectativa de guerra entre grandes potências foi reduzida, mas ameaças menores à ordem internacional proliferaram em inúmeros propósitos, diversidade e frequência. Novas áreas de tensões, de conflitos e até de grandes guerras regionais passaram para o sudoeste da Ásia, o Oriente Médio, o norte da África, o Pacífico ocidental e o leste da Europa. Com isso, em uma guerra convencional, atualmente, as ações de combate no mar tendem a ser conduzidas em águas litorâneas (VEGO, 2015).

Dada a sua versatilidade, muitas marinhas estão, atualmente, buscando ou efetivando a aquisição de novos submarinos. Operadores tradicionais como China, França, Alemanha, Japão, Rússia, Suécia, Reino Unido e EUA estão renovando seus meios atuais. Já com relação à exportação, os principais mercados identificados estão no Oriente Médio, na Ásia e na América Latina. Nessas regiões, muitos submarinos estão chegando ao fim de seus ciclos de vida e precisam ser substituídos. Além disso, várias marinhas, sem experiência prévia com

este tipo de meio, estão fazendo suas primeiras aquisições do tipo. Em algumas áreas como a Ásia, a segurança nacional é o principal motivo que justifica essa demanda, mas o desenvolvimento industrial e tecnológico, além do prestígio nacional, são outros fatores importantes (ANDERSSON, 2015).

O submarino demonstrou ser uma ferramenta poderosa para um Estado exercer sua influência em uma região. Para as marinhas menores, um SC é uma arma com poder e flexibilidade inigualável. O custo de um submarino a diesel é pequeno comparado ao ganho de influência regional que um Estado pode obter ao adquiri-lo. Dessa forma, e somado à grande disponibilidade de oferta³⁴, observa-se, atualmente, um grande número de SC, comparado com os nucleares, sendo adquiridos e operados por diversos Estados (JORGENSEN, 2002).

Como foi analisado no capítulo 2, o SC é, comumente, empregado nas regiões litorâneas e pontos de estrangulamento. Assim, essa característica, somada à grande quantidade de submarinos convencionais sendo adquiridos por Estados que buscam ampliar sua influência regional, insere a guerra A/S no conceito apresentado, inicialmente, de que as ações de combate no mar estão se voltando para as áreas litorâneas. Dessa forma, fica evidenciada a necessidade da evolução da doutrina e do investimento em meios para se contrapor a esse tipo de ameaça.

Um novo desafio à Guerra A/S advém do ambiente de segurança atual, com a crescente proliferação de submarinos não nucleares modernos, com sistemas de armas avançados e que estão amplamente disponíveis nos mercados globais. Operando relativamente perto de suas bases, nas águas costeiras, esses submarinos representam uma ameaça potencial. Outra realidade que merece destaque é o fato de que os sistemas de armas modernos tendem a reduzir as demandas por equipes submarinas experientes, tornando, inclusive, marinhas menos experientes muito perigosas para serem ignoradas (COTE JR, 2003).

Quando se fala em submarinos não nucleares modernos, Jorgensen (2002) cita a

³⁴ França, Alemanha, Suécia e Rússia são os principais construtores de submarinos convencionais no mundo (JORGENSEN, 2002).

propulsão independente do ar (AIP) e as melhorias na tecnologia das baterias como sendo as duas mais importantes inovações que foram adicionadas aos submarinos diesel para transformá-los em uma plataforma ainda mais perigosa. Esses avanços na tecnologia permitiram diminuir a necessidade do submarino de recarregar suas baterias, permanecendo submerso por mais tempo.

Os SC modernos são amplamente disponíveis nas indústrias de defesa que produziram para os seus mercados internos durante a Guerra Fria e, agora, usam as exportações como forma de se manterem ativas. Após décadas de investimento, países como Alemanha e Suécia operacionalizaram a forma de submarinos não nucleares com sistemas de propulsão independente do ar (AIP) que os tornam verdadeiros submarinos em vez de meros submersíveis. Esses submarinos ainda não fornecem a mobilidade e a resistência de um submarino nuclear, mas reduzem a "taxa de indiscrição" de um submarino diesel-elétrico tradicional (COTE JR, 2003).

Essa disponibilidade de propulsão AIP é crescente. Além da Alemanha e Suécia, a França aparece como fabricante que oferece essa tecnologia a potenciais compradores em todo o mundo (ANDERSSON, 2015). A China poderá, em breve, ser adicionada a esta lista com a venda de submarinos equipados com AIP para o Paquistão.³⁵

Dado o exposto, percebemos um grande obstáculo para o conceito de emprego de MPA na detecção de submarinos nos momentos de indiscrição, conforme abordado no capítulo 02. A capacidade do submarino AIP de se manter submerso por mais tempo ameniza a maior preocupação do comandante de um SC que é a manutenção do nível das baterias, dando mais mobilidade ao meio para o cumprimento de sua missão. Para o MPA, sua capacidade de detecção acima d'água fica ainda mais restrita, na medida em que o tempo de imersão do submarino aumenta.

³⁵ Disponível em: <<https://www.nti.org/analysis/articles/china-submarine-capabilities/>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

Os SC modernos são equipados com armamentos e sistemas de armas avançados. Um exemplo de ameaça preocupante atualmente é um submarino AIP armado com mísseis antinavio, que poderia lançar o armamento além do horizonte radar sem a necessidade de se expor no movimento de aproximação. Essa característica, somada com sua capacidade de se manter submerso, contorna a abordagem A/S adotada contra SC que consiste na inundação radar da superfície do oceano de forma a forçar o submarino a se afastar da área para poder recarregar suas baterias. (PERKINS, 2016).

O número de SC é maior que o de submarinos nucleares. Em 2018, 60% dos submarinos no mundo eram convencionais. Essa proporção tende a se manter nos próximos anos, visto que a perspectiva de mercado é que 57% das aquisições até 2037 sejam de submarinos convencionais (UDT, 2018).

Dentre o número de SC, se retirarmos os submarinos equipados com tecnologia AIP, esse número³⁶ cai para cerca de 50%. Assim, em que pese o número de submarinos nucleares e os dotados de tecnologia AIP, a parcela dominante das ameaças abaixo d'água permanece com os SC com capacidade de imersão limitada, para os quais as teorias apresentadas no capítulo dois foram desenvolvidas.

4.2 As perspectivas para os MPA na Guerra Antissubmarino

Uma consequência da proliferação de submarinos é o aumento de investimento na Guerra A/S. Qualquer ameaça submarina envolve diversos recursos A/S em uma tarefa que é complexa e consome muito tempo. Mesmo as marinhas mais avançadas sabem do esforço necessário para a condução das operações A/S. Os britânicos, durante a Guerra das Malvinas,

³⁶ Disponível em: <<https://www.nti.org/analysis/articles/global-submarine-proliferation/>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

tiveram essa experiência de como localizar até um submarino antigo e mal operado pode ser um desafio (ANDERSSON, 2015).

Nesse sentido, arrastada pela proliferação de submarinos, a previsão global de gastos com meios A/S até 2028 é ainda maior do que os próprios investimentos em submarinos. Dentro desses valores, destaca-se a previsão de investimentos significativos em MPA (FIG. 2, ANEXO B), que é fundamentado por sua característica multifuncional e que, por ser mais acessível para orçamentos limitados, quando comparado aos meios de superfície, é um gasto mais justificável junto à opinião pública (UDT, 2018).

Sendo assim, como uma reação à proliferação de submarinos, é esperado um investimento proporcional em meios para se contrapor. O investimento previsto em MPA corrobora a afirmação da manutenção da sua importância na Guerra A/S. Sua versatilidade se apresenta como oportunidade para que os Estados, com pouco investimento, mitiguem problemas em vários ambientes da guerra. Nas Operações A/S, sua capacidade de explorar tanto o ambiente acústico como acima d'água o colocam em posição de destaque dentre os meios A/S.

Como apresentado anteriormente, há a previsão de que, no futuro, o investimento em MPA será consideravelmente grande, porém, essa demanda segue atrasada com relação à proliferação de submarinos. O fim do ciclo de vida de vários MPA tem encerrado diversos esquadrões pelo mundo. Como exemplo, entre 1985 e 2016, houve uma redução de 74% do número de MPA disponíveis pela OTAN. Muitos desses Estados, agora, estudam o investimento em novas aeronaves ou em processos de modernização e de revitalização (PERKINS, 2016).

Quanto ao emprego do MPA, faz-se necessário entender as perspectivas da Guerra A/S neste cenário de incerteza, com tendência a conflitos regionais em menor escala, nos quais as ações de combate tendem a ser conduzidas em águas litorâneas com grande probabilidade de presença de submarinos.

Neste cenário pós-Guerra Fria, tem-se observado a diminuição do número de meios de superfície, ao mesmo tempo em que eles são empregados em múltiplas tarefas, deixando de ser unidades especializadas em um ambiente de guerra específico para se tornarem custosos meios dotados de variados sistemas complexos. Assim, para estágios iniciais de conflitos, é provável que haja uma escassez de meios de superfície em função de estarem envolvidos em diversas ações como, por exemplo, Defesa Aérea e ISR ³⁷ (inteligência, vigilância e reconhecimento). Além disso, essa diminuição impede a vigilância de grandes áreas como, por exemplo, milhares de milhas náuticas quadradas em regiões litorâneas de interesse. Dessa forma, em conflitos futuros, a tendência é o crescimento do emprego de sensores A/S fixos, ao invés de investimentos muito mais dispendiosos em meios de superfície multimissão para a vigilância de uma área (BENEDICT JR, 2000).

Dentro dessa perspectiva, Benedict Jr. (2000) conclui, ainda, que mais tarefas A/S migrarão para os MPA e outros sistemas de vigilância para que esses grandes campos de sensores possam ser distribuídos sem o envolvimento de vários navios de guerra. Os MPA serão também essenciais para a investigação destes campos de sensores realizar operações de esclarecimento em grandes áreas, participação em cobertura A/S de Forças Navais em trânsito, estabelecimento de barreiras em áreas fixas e acompanhamento de contatos.

Por outro enfoque, tem sido constatado que as Operações A/S têm conseguido melhores resultados quando empregando múltiplas camadas de sensores. Como exemplo, a OTAN tem obtido mais êxito no desafio de localização e de acompanhamento de submarinos, quando empregando esses recursos, que vão desde satélites e meios aéreos a sensores de meios de superfície e submarinos. A justificativa para o sucesso dessa abordagem é em função das características complexas e desafiadoras do oceano, onde empregar um único sensor não garante a obtenção e a manutenção de um contato, além de permitir que os comandantes dos

³⁷ ISR - *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*.

submarinos explorem as deficiências do referido sensor. Nessa abordagem de múltiplas camadas, os MPA têm um papel importante em função de sua variedade de sensores e de sua velocidade, que o coloca na condição de protagonista na localização inicial de um contato que, posteriormente, pode ser passado para acompanhamento por outro meio, como um submarino nuclear, por exemplo (PERKINS, 2016).

Levando-se em conta o que foi observado, percebemos duas perspectivas diferentes sobre o emprego do MPA nas Operações A/S, porém, as duas anuindo sobre o seu crescente papel nesse ambiente de guerra. A primeira afirmação, baseada na diminuição do número de meios de superfície, leva ao aumento da importância do MPA ao assumir maior responsabilidade de áreas a serem esclarecidas e, também, pela prossecução das ações A/S iniciadas por sistemas fixos de sensores, nos mesmos moldes como as ações se desenvolviam com o SOSUS durante a Guerra-Fria, conforme abordado no capítulo 3. Já a segunda análise coloca o MPA como peça componente de uma abordagem A/S de múltiplas camadas, em que vários meios somam suas capacidades na tentativa de localização do submarino em um meio complexo e imprevisível que é o oceano. Com relação à segunda análise, o fato de o MPA ter a possibilidade de explorar por si só múltiplas camadas simultaneamente, como por exemplo o emprego de BRS ativas e passivas e a detecção radar e optrônica acima d'água, reforça sua importância nesse tipo de abordagem.

Dessa forma, confrontando-se as duas perspectivas sobre o emprego do MPA nas Operações A/S com os conceitos apresentados no segundo capítulo sobre o emprego do MPA em esclarecimento A/S, pode-se concluir que as novas perspectivas não se opõem às teorias retratadas. Apesar desse tipo de emprego não ser apresentado como o principal, ele contribui com a soma de esforços na tentativa de detecção do submarino, o que é harmônico com a abordagem A/S de múltiplas camadas.

4.3 Os MPA do século XXI

No início do século XXI, com a necessidade de substituição de suas próprias aeronaves e visando, também, ao mercado global, alguns estados iniciaram o desenvolvimento de novos MPA. Nessa conjuntura, destacam-se o início de operação do MPA estadunidense P-8 Poseidon, o Kawasaki P-1³⁸ pelo Japão e o projeto do Saab Swordfish³⁹ que visa ao mercado da OTAN. Para efeito deste trabalho, nos limitaremos a apresentar o P-8 Poseidon por já englobar a capacidade das demais aeronaves e estar operacional há mais tempo.

Sabendo-se da manutenção da importância do MPA, os EUA iniciaram, em 2004, a corrida para a substituição de suas aeronaves P-3C que chegavam ao fim de seu ciclo de vida. A aeronave multimissão vencedora do processo de escolha foi o P-8 Poseidon, desenvolvida pela Boeing, baseado na série comercial 737 da empresa que iniciou a operação pela USN em 2012. (WATERS, 2015).

De maneira geral, o Poseidon opera os mesmos sensores que seu antecessor P-3C, porém, em versões mais atualizadas. Por ser uma aeronave com propulsão somente a jato e operar normalmente em grandes altitudes, a USN optou por não empregar o MAD no modelo⁴⁰. Ainda em decorrência da altitude de operação, a aeronave emprega os torpedos MK-54 com uma carenagem especial projetada para levar o torpedo até altitudes menores, onde seus paraquedas de retardo possam ser acionados (POLMAR; WHITMAN, 2016).

O radar empregado no Poseidon é o AN/APY-10, que é uma evolução do radar AN/APS-137, anteriormente empregado nas aeronaves P-3C Orion. O principal progresso observado no radar foi a implementação de dois novos modos de operação, sendo o primeiro

³⁸ Disponível em: <<https://thediplomat.com/2015/07/japan-seeks-to-export-its-new-sub-hunting-plane/>>. Acesso em: 22 jul. 2020.

³⁹ Disponível em: <<https://www.defensenews.com/smr/munich-security-forum/2018/02/15/poland-canada-join-nato-members-in-potential-maritime-surveillance-aircraft-buy/>>. Acesso em: 22 jul. 2020.

⁴⁰ O MAD necessita de voos a baixa atitude para efetividade na detecção da variação do campo magnético.

um modo de imageamento de alta resolução e o segundo, um modo dedicado para a detecção de periscópio em exposição rápida⁴¹. Outro equipamento que auxilia na detecção do periscópio ou esnórquel é o seu sistema optrônico⁴² por meio de imagens de alta resolução e do sensor infravermelho.

Analisando os dados apresentados sobre o Poseidon, podemos notar que a aeronave, em si, não apresentou nenhuma grande inovação que resultasse em mudanças no conceito de emprego do MPA na Guerra A/S. O desenvolvimento do seu radar, principalmente pela disponibilização de um modo exclusivo para a detecção da rápida exposição de periscópios, demonstra a atenção que ainda é dada a essa possibilidade de detecção de submarinos, corroborando os conceitos apresentados no segundo capítulo.

Outros Estados que já operam o Poseidon são a Austrália, a Índia⁴³ e a Grã-Bretanha. O fato de os EUA encerrarem a operação por completo de seus P-3C pode influenciar a decisão de outras marinhas entre revitalizar seus antigos esquadrões de P-3C ou adquirir novas aeronaves, em função da redução do suporte estadunidense em logística, manutenção e treinamento (PERKINS, 2016). Nesse sentido, Noruega⁴⁴, Nova Zelândia e Coreia do Sul⁴⁵ também já assinaram contrato com a USN e a Boeing para iniciar a aquisição e a operação do Poseidon.

Conforme destacado inicialmente, o Poseidon, em si, não apresentou grandes inovações que resultassem em mudanças doutrinárias, entretanto, um progresso significativo advém da integração do Poseidon com a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) MQ-4C Triton.

⁴¹ Disponível em: <<https://www.raytheonintelligenceandspace.com/capabilities/products/apy10>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

⁴² Disponível em: <<https://www.wescam.com/blog/anti-submarine-warfare/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

⁴³ A Índia, incluiu o equipamento MAD na versão de suas aeronaves, o P-8I.

⁴⁴ Disponível em: <<https://www.navalnews.com/naval-news/2020/06/boeing-kongsberg-sign-mou-for-norways-future-p-8a-mpas-support/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

⁴⁵ Disponível em: <<https://www.navalnews.com/naval-news/2020/03/boeing-receives-p-8a-poseidon-contract-for-u-s-navy-rop-avy-rnzaf/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

Tanto o Triton quanto o Poseidon foram projetados, desde o início, para operação integrada, empregando sistemas interoperáveis para a troca de grandes volumes de informações, incluindo dados de contatos, imagens e vídeos. O Triton, que possui capacidade de realização de missões ISR, complementa o Poseidon nas operações de esclarecimento em função de sua maior autonomia e, conseqüente, capacidade de permanência na área de interesse. Enquanto o Triton fornece vigilância complementar a longas distâncias e com longa duração, o P-8 fornece a resposta armada. A combinação do Poseidon com o Triton aumenta, significativamente, a eficácia das missões de guerra A/S e esclarecimento (SPENCER; SMALL, 2019).

Equipado com radar multifuncional, sistema optrônico e MAGE, o Triton pode proporcionar, especificamente para a Guerra A/S, a detecção inicial de uma indiscrição cometida por um submarino, para a posterior prossecução das ações pelo P-8 ou meios de superfície (PERKINS, 2016).

As capacidades do Poseidon têm algumas redundâncias com as do Triton com relação à capacidade de realizar missões de esclarecimento, mantendo a compilação do quadro tático. Essa característica permite a versatilidade no emprego conjunto, como, por exemplo, a manutenção do P-8 em uma Operação A/S ao mesmo tempo em que o Triton fica com o ônus do esclarecimento de superfície na mesma área (SPENCER; SMALL, 2019).

Em vista do que foi mencionado, sobre o emprego do MPA integrado ao ARP, percebemos que a evolução apresentada pelo conjunto proporcionou ganhos com relação à detecção acima d'água, em função da ampliação da capacidade de esclarecimento e da maior permanência na área de operações. Esse desenvolvimento se alinha com a tendência apresentada de intensificação de ações de combate em áreas litorâneas. Adicionalmente, a possibilidade de maior permanência apresenta-se como uma forma de se contrapor ao desafio apresentado pelos submarinos AIP.

5 CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho de pesquisa, buscou-se analisar o emprego das aeronaves de asa fixa na guerra A/S, mais especificamente em operações de esclarecimento, tanto para a detecção acima d'água nos momentos de indiscrição do SC, quanto para assediá-los. Os estudos realizados foram no sentido de apresentar os conceitos relacionados, o histórico de desenvolvimento e o quadro atual observado, tanto dos SC quanto dos MPA, de forma a esclarecer se, apesar dos desenvolvimentos observados dos submarinos, permanece importante a aplicação do MPA em operações de esclarecimento contra SC.

Primeiramente, após uma introdução, propusemo-nos a analisar os conceitos atinentes ao emprego do MPA em esclarecimento em oposição a SC. Para isso, apresentamos, inicialmente, as peculiaridades das operações A/S no litoral e como essas características corroboram para que os submarinos tenham dificuldade em empregar seus sensores acústicos, forçando-os a se expor acima d'água. Em seguida, foram apontadas as limitações dos SC e as duas formas com que as operações de esclarecimento podem explorá-las, que são a detecção efetiva e o assédio, para “negar o uso da superfície” ao submarino. Concluindo essa primeira parte conceitual, foi evidenciado como as características do MPA o colocam como o ator principal para o cumprimento do esclarecimento A/S.

Na sequência, ao apresentarmos a evolução do emprego do MPA na guerra A/S, desde a sua origem na Grande Guerra até o final da Guerra Fria, identificamos a sua importância para se contrapor à ameaça abaixo d'água que se desenvolvia em paralelo e de forma mais impactante. Nas duas guerras mundiais, em que pese o fato de os primeiros submarinos se exporem totalmente na superfície, a forma como a doutrina A/S evoluía para confrontar essa ameaça pode ser analisada traçando-se um paralelo com os dias atuais. Da mesma forma em que existia, à época, a busca pelo desenvolvimento de um radar capaz de detectar um submarino

na superfície a maiores distâncias, hoje, se busca um radar capaz de se detectar uma exposição da ordem de alguns segundos de um pequeno periscópio. A tática *scarecrow* observada durante a 1GM retrata a importância do emprego hoje do MPA com o objetivo de assediar o submarino, além de chamar a atenção em um aspecto por vezes muito pouco explorado, que é a relevância do emprego do maior número possível de meios aéreos na guerra A/S, mesmo que sem as características ideais para se contrapor a um submarino.

O período da Guerra Fria foi o momento em que a prioridade da guerra A/S migrou para o ambiente acústico em função dos SSN. Nesse contexto, o papel do MPA passou a ser o de peça componente de uma doutrina que passava a empregar vários meios para a detecção do submarino e sua forma de operação principal passou a ser centrada nas BRS. Porém, ainda dentro da conjuntura da Guerra Fria, a Guerra das Malvinas mostrou que o esclarecimento aéreo ainda permanecia importante para a guerra A/S. Apesar de toda ênfase na doutrina para se opor aos SSN, ligada ao contexto bipolar vivido na época, a ameaça dos SC permanecia e a forma de se opor a eles não podia ser ignorada.

No capítulo quatro, inicialmente, foi analisada a questão do aumento do número de submarinos e o desenvolvimento das baterias e de propulsões do tipo AIP, que proporcionaram uma menor taxa de indiscrição para os submarinos não nucleares. Conforme observado, a previsão de aumento de submarinos mantém a proporção de SSN e SC, o que corrobora com a permanência do esclarecimento por MPA como uma doutrina importante. Por outro lado, a diminuição da taxa de indiscrição, proporcionada pelas novas tecnologias dos submarinos AIP, impacta diretamente nesse conceito de emprego, forçando-se a aumentar, principalmente, a capacidade de permanência dos esclarecedores.

Em sequência, foram analisadas as perspectivas de missões A/S para os MPA diante do desafio dos novos submarinos, as quais podemos depreender que não desconsideram o papel importante do MPA em esclarecimento A/S. Concluindo o capítulo, dentre os novos MPA do

século XXI, foi apresentado, então, o P-8 Poseidon, o qual, apesar das inovações na sua capacidade A/S serem pouco marcantes, a evolução de seu radar com a disponibilização de um modo exclusivo para a detecção de periscópios, é um fator que fortalece o argumento da importância do esclarecimento. Outro fator que robustece esse argumento é o início da operação do ARP Triton integrado ao Poseidon que amplia a sua capacidade de esclarecimento e permanência, características essas fundamentais para fazer frente ao desafio do submarino AIP.

Em vista dos argumentos apresentados, podemos responder à questão proposta sobre a validade do emprego dos MPA em operações de esclarecimento contra submarinos diesel-elétricos, de forma afirmativa. Há de se considerar que as novas tecnologias empregadas nos submarinos, especialmente a capacidade AIP, vão exigir um esforço de esclarecimento muito superior ao já exigido e com baixa probabilidade de sucesso na detecção. Entretanto, conforme mencionado, mesmo não garantindo a detecção, o esclarecimento aéreo terá sua função de assediar o submarino e, para isso, o emprego do maior número de aeronaves possíveis sempre será um fator positivo, independente das aeronaves possuírem capacidades A/S. Ademais, no contexto atual da multiplicidade de possibilidades de conflitos, vimos que os SC sem capacidade AIP ainda representam a maior parcela dentre as ameaças submarinas.

Dessa maneira, espera-se que o trabalho possa contribuir para que no planejamento de operações A/S na MB sejam consideradas as possibilidades de emprego dos MPA em missões de esclarecimento em conjunto com a utilização das BRS e dos demais meios aéreos disponíveis na intensificação do assédio aos SC.

Nesse sentido, surge como oportunidade de análises futuras o detalhamento a nível tático do esforço de esclarecimento necessário a se contrapor a ameaças de SC e aos submarinos com a tecnologia AIP incorporada.

REFERÊNCIAS

ABBATIELLO, John J. **Anti-Submarine Warfare in World War I**: British naval aviation and the defeat of the U-Boats. Abingdon: Routledge, 2006. 240 p.

AN/APY-10 Maritime, Littoral and Overland Surveillance Radar. **Raytheon Technologies**, 2020. Disponível em: <<https://www.raytheonintelligenceandspace.com/capabilities/products/apy10>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

ANDERSSON, Jan Joel. The Race to the Bottom: Submarine Proliferation and International Security. **Naval War College Review**, Newport, v. 68, n. 1, p. 12-29, 2015.

BENEDICT JR, John R. Future Undersea Warfare Perspectives. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, Laurel, v. 21, n. 2, p. 269-2793, 2000.

CETRIM M., Luiz Eduardo. Como capacitar uma Força de Submarinos para estabelecer de forma eficaz zonas A2/AD no ambiente marítimo. **O Periscópio**, Rio de Janeiro, ano LXX, n.70, p. 8-16, 2019.

COTE JR., Owen R. **The Third Battle**: Innovation in the U.S. Navy's silent Cold War struggle with soviet submarines. Newport, RI: Naval War College, 2003. 104 p. (Newport papers, 16).

DENK, Aytug. **Detection and Jamming Low Probability of Intercept (LPI) Radars**. 2006. 123f. Tese (Master of Science in Systems Engineering) - Naval Postgraduate School, Monterey, 2006.

DORON, Opher. The Israelis Know Littoral Warfare. **U.S. Naval Institute - Proceedings**, v. 129, n. 3, 2015. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2003/march/israelis-know-littoral-warfare>> Acesso em: 15 jun. 2020.

FOARD, Thomas R. Changes in Naval Aviation: Guest Editor's Introduction. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, Laurel, v. 18, n. 1, p. 2-5, Jan-Mar. 1997.

GADY, Franz Stefan. Japan Seeks to Export its New Sub-Hunting Plane. **The Diplomat**. 05 jul. 2015. Disponível em: < <https://thediplomat.com/2015/07/japan-seeks-to-export-its-new-sub-hunting-plane/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

GAIN, Nathan. Boeing, Kongsberg Sign MoU For Norway's Future P-8A MPAs Support. **Naval News**. 29 jun. 2020. Disponível em: <<https://www.navalnews.com/naval-news/2020/06/boeing-kongsberg-sign-mou-for-norways-future-p-8a-mpas-support/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

JORGENSEN, Jason T. **The United States Navy's Ability to Counter the Diesel and Nuclear Submarine Threat with Long-Range Antisubmarine Warfare Aircraft**. 2002. 108f. Tese (Master of Military Art and Science) - Faculty of the U.S. Army Command and General Staff College, Leavenworth, 2002.

KAINIKARA, Sanu. The increasing importance of Maritime Patrol Aircraft. **Pathfinder - Air Power Development Centre Bulletin**, Camberra, v. 8, n. 259, 2016. Disponível em:

- <<http://airpower.airforce.gov.au/Resources/Pathfinder>>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- KEANE, John F; EASTERLING, C. Alan. Maritime Patrol Aviation: 90 Years of Continuing Innovation. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, Laurel, v. 24, n. 3, p. 242-256. 2003.
- LILLEY, Ryan. Recapture Wide-Area Antisubmarine Warfare: In a new age of ultra-quiet undersea acoustics, it's high time for the U.S. Navy to revitalize a signature Cold War capability. **U.S. Naval Institute - Proceedings**, v. 140, n. 6, 2014. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2014/june/recapture-wide-area-antisubmarine-warfare>> Acesso em: 21 jun. 2020.
- MALTEZ, Fábio Marçal. **Emprego Conjunto de Submarino Nuclear de Ataque e Submarinos Convencionais**: uma alteração de pensamento na aplicação do Poder Naval. 2013. 43f. Dissertação (Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2013.
- MEHTA Aaron. Poland, Canada join NATO members in potential maritime surveillance aircraft buy. **Defense News**. 14 fev. 2018. Disponível em: <<https://thediplomat.com/2015/07/japan-seeks-to-export-its-new-sub-hunting-plane/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- MOLTZ, James Clay. Global Submarine Proliferation: Emerging Trends and Problems. **Naval News**. 01 abr. 2006. Disponível em: <<https://www.nti.org/analysis/articles/global-submarine-proliferation/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- NISBET, C. et al. The Future Evolution of Warship Design: The Demands of Joint Operations in the Littoral Battle Space. **Warship 2004: Littoral Warfare and the Expeditionary Force**, Londres, p. 7-14, jun. 2004.
- OUSBORNE, Jeffrey J. et al. A Periscope Detection Radar. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, Laurel, v. 18, n. 1, p. 125-133, Jan-Mar. 1997.
- PERKINS, William. **Alliance Airborne Anti-Submarine Warfare**: A Forecast for Maritime Air ASW in the Future Operational Environment. Kalkar, jun 2016. Disponível em: <<https://www.japcc.org/portfolio/alliance-airborne-anti-submarine-warfare/>>. Acesso em: 06 jul. 2020.
- PIRES MARTINS, Eduardo Antônio. Por que precisamos de um Submarino nuclear? **O Periscópio**, Rio de Janeiro, ano XLVII, n.65, p. 32-39, 2012.
- POLMAR, Norman; WHITMAN, Edward. **Hunters and Killers**: Anti-Submarine Warfare from 1776 to 1943. Annapolis: Naval Institute Press, 2015. v. 1, 210 p.
- POLMAR, Norman; WHITMAN, Edward. **Hunters and Killers**: Anti-Submarine Warfare from 1943. Annapolis: Naval Institute Press, 2016. v. 2, 254 p.
- RISTVEDT, Victor G. **The Conventional Submarine Threat in Littoral Regions**. 1993. 40f. Research, Air War College, Alabama, 1994.
- SHANNON, John G.; MOSER, Paul M. **A History of U.S. Navy Periscope Detection Radar**: Sensor Design and Development. 2014. 154f. Monografia, Office of Naval Research, Arlington, 2014.

SPENCER, Michael; SMALL, Gavin. **MQ-4C Triton: A Fifth-Generation Air Force Disruption for Maritime Surveillance**. Canberra: Air Power Development Centre, Jun. 2019. Disponível em: <<https://airpower.airforce.gov.au/Publications/MQ-4C-Triton-A-Fifth-Generation-Air-Force-Disrupti>>. Acesso em: 20 Jul. 2020.

STEVENS, Pete. Can Radar Help Defeat the Diesel-Electric Sub? **U.S. Naval Institute - Proceedings**, Annapolis, v. 125, n. 8, 1999. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1999/august/can-radar-help-defeat-diesel-electric-sub>>. Acesso em: 13 maio 2020.

THE Sub Hunters. **L3Harris WESCAM**, 2020. Disponível em: <<https://www.wescam.com/blog/anti-submarine-warfare/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

UDT, 2018, Glasgow. **Global Submarine Overview: Naval Market Perspectives**. Londres: Clarion Defence & Security, 2018. Disponível em: <<https://www.udt-global.com/2018-presentation#/>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

VAVASSEUR, Xavier. Boeing Receives P-8A Poseidon Contract for U.S. Navy, ROK Navy & RNZAF. **Naval News**. 31 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.navalnews.com/naval-news/2020/03/boeing-receives-p-8a-poseidon-contract-for-u-s-navy-rok-navy-rnzaf/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

VEGO, Milan. On Littoral Warfare. **Naval War College Review**, Newport, v. 68, n. 2, p. 30-68, 2015.

VEGO, Milan. The Right Submarine for Lurking in the Littorals. **U.S. Naval Institute - Proceedings**, Annapolis, v. 136, n. 6, 2010. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2010/june/right-submarine-lurking-littorals>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

VIDIGAL, Armando Amorim Ferreira. Consequências Estratégicas para uma Marinha de Águas Marrons. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 7-20, dez. 2010.

WATERS, Conrad. **Seaforth World Naval Review**. 2016. Barnsley: Seaforth Publishing, 2015. 192 p.

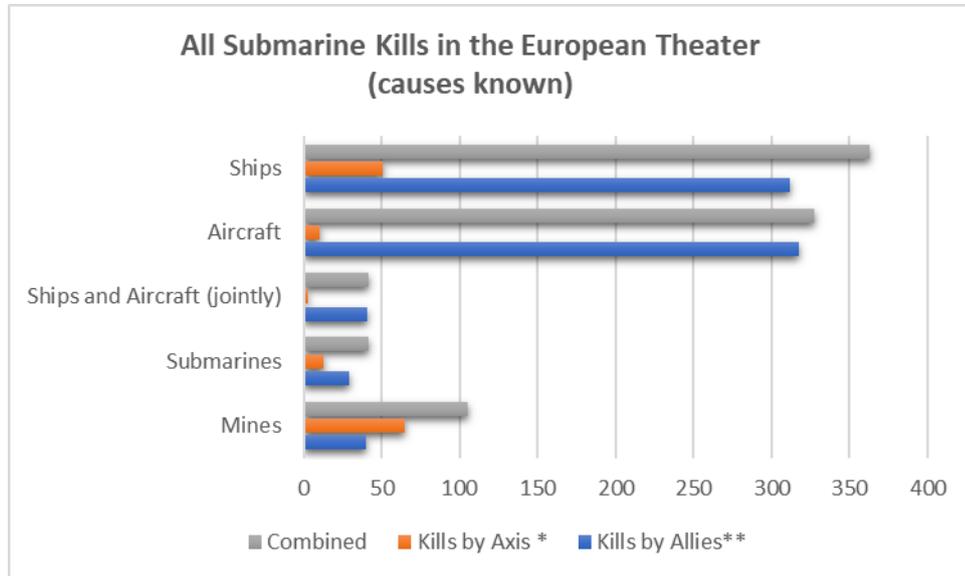
ANEXO B



FIGURA 2 – Previsão de gastos mundiais relacionados à Guerra Antissubmarino até 2028.

Fonte: UDT, 2018, p. 15.

ANEXO C



* Includes British, French and Russian victims.

** Allied kills include 14 (Vichy) French submarines.

FIGURA 3 – Submarinos destruídos no teatro europeu da 2GM.

Adaptado de POLMAR; WHITMAN, 2016, p. 37.