

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

C-PEM 2023

O EMPREGO DO SUBMARINO CONVENCIONALMENTE ARMADO COM PROPULSÃO NUCLEAR:
A Importância Estratégica da Análise Sonar em Baixa Frequência

Rio de Janeiro

2023

C-PEM 2023

O EMPREGO DO SUBMARINO CONVENCIONALMENTE ARMADO COM PROPULSÃO NUCLEAR:
A Importância Estratégica da Análise Sonar em Baixa Frequência

Tese apresentada à Escola de Guerra Naval,
como requisito parcial para a conclusão do Curso
de Política e Estratégia Marítimas
(C-PEM 2023).

Orientador: CMG (Ref^o) Luiz Carlos de Carvalho
Roth

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2023

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria. Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

RESUMO

Em um período de médio prazo, a Marinha do Brasil operará o primeiro Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCAPN) brasileiro. Muitos serão os desafios, quer seja na parte de máquinas quer seja na parte operativa. Aos poucos, um dia após o outro, as soluções aos diferentes problemas irão amadurecer. Este trabalho debruça-se sobre o histórico da operação do submarino em Marinhas do ocidente e na guerra antissubmarino, com ênfase na detecção sonar em ruídos e sinais de baixa frequência captados por arranjo de sonares passivos rebocados. O SCAPN executará a tarefa do poder naval de negar o uso do mar ao inimigo, exercendo o papel fundamental de ser a espinha dorsal da Defesa Naval. Nos conflitos do futuro, o ambiente abaixo d'água tenderá a crescer em relevância, pois todos os Estados que possuem uma marinha de médio a grande porte investem em submarinos. Sendo o SCAPN um recurso de alto valor estratégico e financeiro, a garantia de sua sobrevivência e melhores condições de operação se mostra como assunto de alta relevância. A presente pesquisa defenderá a dotação do SCAPN de sonares passivos rebocados, que aumentem a segurança e rendimento do meio.

Palavras-chave: Submarino Nuclear de Ataque, detecção, sonar rebocado passivo, guerra antissubmarino e propulsão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Avaliação de requisitos do SCAPN com ou sem TAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUKUS	Pacto de Segurança Trilateral entre Austrália, RU e EUA
CISMAR	Centro Integrado de Segurança Marítima
CSM	Consciência Situacional Marítima
END	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	Estados Unidos da América
GIUK	Lacuna da Groenlândia-Islândia-RU
LCM	Linhas de Comunicação Marítimas
MNF	Marinha Nacional Francesa
OTAN	Organização do Atlântico Norte
PNC	Plano Nacional de Cotingência
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
RU	Reino unido
SCAPN	Submarino Convencionalmente Armado de Propulsão Nuclear
SisGAAz	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SSGN	Submarino Nuclear lançadores de Mísseis de Cruzeiro
SSK	Submarino Convencional
SSN	Submarino Nuclear de Ataque
SSBN	Submarino Nuclear Balístico
TAS	Arranjo de Sonares Passivos Rebocado
TM	Tráfego Mercante
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
VLS	Sistema de Lançamento Vertical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Considerações Iniciais	8
1.2	Objetivos	8
1.3	Justificativa	9
1.4	Metodologia	9
1.5	Organização	9
2	A EVOLUÇÃO DA ARMA SUBMARINA E SEU EMPREGO	11
2.1	Os Primórdios	11
2.2	O Submarino Moderno	12
2.3	A Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945)	14
2.3.1	O Emprego do Submarino pela Alemanha	14
2.3.2	O Emprego do Submarino pelos EUA	17
2.4	Novos Tipos de Emprego do Submarino	20
2.5	O submarino Nuclear e o Início da Deterrência Nuclear Marítima	22
2.5.1	O Submarino Nuclear	22
2.5.2	A Deterrência Nuclear Marítima	23
2.6	Considerações Parciais	24
3	O CENÁRIO NO ENTORNO ESTRATÉGICO	26
3.1	Ameaças Convencionais	27
3.2	Novas Ameaças	35
3.3	O Ambiente Operacional	36
3.4	Riquezas a Serem Protegidas	40
3.5	Histórico de Conflitos	41
3.6	Novas Tecnologias	42
3.7	Considerações Parciais	43
4	O EMPREGO DO SUBMARINO NUCLEAR COM ÊNFASE NO SONAR	45

4.1	A Importância do Sonar Passivo de Baixa Frequência	45
4.1.1	O Sistema de Vigilância Sonar	45
4.1.2	Sistema de Vigilância de Arranjo de Sonares Rebocados – SURTASS	47
4.1.3	O Sonar Passivo Rebocado nos submarinos no RU e EUA	47
4.1.4	Banda Larga e Banda Estreita	52
4.1.5	O Sonar Passivo Rebocado nos Submarinos da França	54
4.2	O emprego do SCAPN Brasileiro	56
4.3	Considerações Parciais	58
5	PROPOSTA	60
6	CONCLUSÃO	62
7	REFERÊNCIAS	64
	Anexo A - Linhas de Comunicação Marítimas no Atlântico Sul	66
	Apêndice 1 - Entrevista com Oficial da Marinha Francesa	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O submarino sempre esteve no imaginário popular do homem. Assim como o desconhecido espaço sideral, que atrai a atenção e curiosidade, o fundo do mar, ainda muito desconhecido, fomenta o ideário das inúmeras possibilidades que se podem explorar, tanto em termos científicos e econômicos, como em termos militares. O maior impacto causado pelo uso do submarino foi no campo militar, com protagonismo nas duas Grandes Guerras que lhe renderam evoluções até o advento da propulsão nuclear, que o libertou da necessidade de vir a superfície e lhe propiciou energia suficiente para desenvolver velocidades que para um submarino a diesel, só seria possível no imaginário da sua tripulação. O Brasil, em um intervalo de médio prazo, operará um submarino de propulsão nuclear que é uma novidade no inventário de sua Esquadra.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo a que esse estudo buscou atender foi refletir e propor melhorias nas condições de emprego do Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCAPN), com consequentes impactos estratégicos na sua área de preponderante atuação, o Atlântico Sul. Foi considerada como a principal característica de operação do submarino a escuta sonar, pois é vital para sua sobrevivência e autoproteção. A escuta sonar é essencial para realizar um ataque, seja na guerra antissuperfície ou na antissubmarino. O submarino nuclear típico, por questões de resfriamento constante do compartimento do reator, deve manter seu maquinário operando constantemente, o que gera um considerável ruído próprio, que se mantém constante, por mais silencioso que o restante do navio possa ser.

Em comparação com um submarino convencional, que pode manter todos os seus equipamentos desligados por um determinado período, a geração de ruído próprio é um fator de desvantagem muito grande para uma arma de considerável valor estratégico como o SCAPN. Desta forma, a questão que se pretende responder no desenvolvimento deste trabalho é se o SCAPN brasileiro deveria ser dotado de um arranjo de sonar passivo rebocado de baixa

frequência, que o auxilie tanto nas operações cotidianas quanto nas missões mais críticas.

1.3 JUSTIFICATIVA

O que justifica este trabalho é o investimento feito pelo Estado brasileiro no que pode ser considerado o maior ativo da Defesa brasileira, que é o SCAPN. As riquezas atreladas ao potencial marinho do país, na hoje chamada Economia Azul, deverão ser protegidas pela futura arma, que representará um incremento considerável no Poder Naval do país. Assim, as melhores práticas devem ser desenvolvidas na operação do meio para que se possa manter elevada a sua credibilidade operacional, com a sua tripulação adestrada e o meio em continuada prontidão.

1.4 METODOLOGIA

Para consecução do projeto foram feitas pesquisas bibliográficas em fontes abertas sobre a atuação dos submarinos nos conflitos mundiais e a evolução do seu emprego e da utilização do equipamento sonar, inicialmente no modo ativo e depois, majoritariamente, no modo passivo. Foram realizadas também pesquisas investigativas para se saber os resultados de testes com sonares rebocados e uma entrevista com um oficial submarinista francês.

1.5 ORGANIZAÇÃO

Os capítulos foram organizados da seguinte forma: o capítulo dois consta da evolução dos submarinos e de seu emprego, com um delineamento histórico da utilização da arma em diferentes cenários, demonstrando que os submarinos sempre escaparam da ingenuidade de um recurso militar pronto, imutável. De fato, o contrário se deu. Ele se moldou de acordo com as novas demandas do ambiente operacional e das inovações tecnológicas.

O capítulo três trata do ambiente operacional em que a arma será empregada com as possibilidades das ameaças convencionais e as novas ameaças que o século XXI reserva, juntamente com as inovações tecnológicas que se avizinham, como o veículo submarino autônomo e as capacidades de detecção de objetos submersos ainda em desenvolvimento,

como o laser, que poderá se mostrar revolucionário, a depender da melhoria do processamento dos dados dos computadores.

O capítulo quatro discorre sobre o emprego do submarino com ênfase no sonar, principalmente o arranjo passivo rebocado, que aumenta em muito a capacidade de discriminação do sinal em relação ao ruído de fundo do ambiente marinho costeiro e possibilita a classificação sonar, ferramenta indispensável na guerra antissubmarino.

O capítulo cinco aborda a proposta que está relacionada com a resposta à questão do trabalho anteriormente apresentada nesta Introdução, considerando-se as vantagens e desvantagens da utilização do sensor.

E, finalmente, o capítulo cinco trata da conclusão do trabalho, levando-se em consideração a resposta, abordando o que foi visto em cada capítulo com o objetivo de direcionar o emprego do submarino no Entorno Estratégico. A proposta se apoiará na pesquisa, mostrando e comprovando os benefícios da aplicação do sensor correto para aumentar a eficiência da arma no espectro acústico, com o propósito de diminuir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de detecção a fim de se sobressair na guerra antissubmarino.

2 A EVOLUÇÃO DA ARMA SUBMARINA E SEU EMPREGO

2.1 OS PRIMÓRDIOS

O homem sonhava com a possibilidade de realizar atividades abaixo d'água desde os primórdios da sua existência, com várias tentativas de artefatos arcaicos. Leonardo Da Vinci, o grande renascentista que viveu no Sec. XVI e que foi o responsável por várias descobertas, chegou a rascunhar um projeto de submersível¹, porém não o tirou do papel, pois tinha receio da natureza humana que poderia usá-lo como um meio de destruição vindo das profundezas do mar (SONTAG 1998).

Entretanto, o evento que realmente entraria para a história da utilização prática de submersíveis ocorreu durante a Guerra de Secessão (1861-1865) dos Estados Unidos da América (EUA), no ano de 1864, ocasião na qual a disparidade de recursos entre os Confederados do sul e a União do norte provocou um interesse por projetos de submersíveis e minas², por parte dos confederados em uma tentativa de equilibrar a balança que já pendia para o norte (GRAY 2003).

O porto de *Charlestone* na Carolina do Sul era um dos portos confederados e sofria uma Operação de Bloqueio³, imposta pela União. Os Confederados haviam realizado testes com o *CSS Hunley*, um submersível operado por sete homens por meio de manivelas à força motriz humana, carregado de explosivos em um arpão na sua proa, para ser fixado no casco de navios de superfície. Apesar de alguns percalços com os testes, que vitimaram muitos tripulantes, uma ação foi planejada para atacar os navios envolvidos no bloqueio. O alvo escolhido foi a corveta *USS Housatonic* que se encontrava fundeada ao largo para passar a noite. A aproximação do submersível foi bem-sucedida, só sendo avistado pelo vigia do navio alvo quando muito próximo de fixar sua carga explosiva no casco. O alarme da corveta soou, e a tripulação tentou suspender com o navio, mas já era tarde demais. A detonação atingiu o paiol de munição e a corveta foi a pique em questão de minutos, entrando para a história como o primeiro navio de superfície afundado por ação de um submersível (GRAY 2003).

¹ Engenho que operava mais tempo na superfície que submerso.

² Chamados de torpedos à época.

³ Operação de Bloqueio: “no contexto naval e de acordo com o Direito Internacional, a *operação de bloqueio* tem por finalidade evitar que navios de todos os Estados, inimigos e neutros, entrem ou saiam de específicos portos e áreas costeiras pertencentes, ocupadas, ou sob controle de um Estado inimigo” (BRASIL, 2017, p.3-10).

Após a ação, o *CSS Hunley* não retornou para sua base. Algumas semanas depois, mergulhadores realizando buscas na baía de *Charlestone* pelo casco soçobrado da corveta encontraram os destroços do submersível nas proximidades, com os corpos de sua guarnição em seu interior e sobre as manivelas. Ao todo, desde o início dos testes para possibilitar sua operação até seu fatídico fim, o *USS Hunley* ceifou 42 vidas, enquanto cinco tripulantes do *USS Housatonic* pereceram no seu afundamento (GRAY, 2003).

A missão do submersível Confederado pareceu ser um ato de desespero pela parte do conflito que, em desvantagem, já agonizava. No entanto é marcante, pois exemplifica o potencial da arma submarina, utilizando-se de sua capacidade furtiva e só sendo avistada pelo inimigo quando tarde demais. Se algumas evoluções tecnológicas fossem implementadas a reboque da segunda Revolução Industrial (1870 a 1939), que eclodia em paralelo naquele momento, a arma poderia ser aperfeiçoada e o submarino⁴ com considerável potencial de ameaça uma realidade. Porém, apesar do feito, o número de vidas cobradas pelo sucesso do *CSS Hunley* em comparação às perdas da sua presa, indicou, à época, que o submarino era mais perigoso para quem o operava do que para o inimigo e que desafiava as leis da física com um custo humano significativo.

2.2 O SUBMARINO MODERNO

Apesar das controvérsias por existirem vários inventores com seus projetos de submarinos ao fim do século XIX, o engenheiro militar francês Maxime Laubeuf pode ser considerado o pai do submarino moderno (GRAY, 1994). Laubeuf desenvolveu um projeto a partir de informações prestadas por comandantes de submarinos da época, como o *Gymnote* da Marinha Nacional Francesa (MNF), com o objetivo de ter uma visão do utilizador para tornar a arma mais operacional e com capacidade de realizar uma imersão no último momento antes do ataque. Isso proporcionaria a surpresa e reduziria a vulnerabilidade. Laubeuf ganhou um concurso nacional promovido pela MNF ao fim do século XIX que pretendeu selecionar o melhor projeto de submersível em meio a vários concorrentes (D'ARBONNEAU, 2009).

A principal evolução introduzida por Laubeuf constituía-se no princípio de casco duplo,

⁴ A partir deste momento o nome genérico adotado para a arma submarina será submarino, apesar de realmente só poder ostentar esse nome, na década de 1940.

com os tanques de lastro por fora do casco resistente, o que melhorava a manobrabilidade do submarino. O projeto resultou no submarino *Narval* comissionado em 1900 pela MNF (GRAY, 2003).

Apesar dos franceses terem saído na frente em termos quantitativos no início do século XX, foi por intermédio dos alemães que a arma submarina, mais precisamente o U-9, fez história novamente durante a Grande Guerra (1914 a 1919). Ainda no início do conflito, em 1914, o comandante alemão Otto Weddinger, (1882 a 1915) a bordo de seu *U-boot*⁵ realizava uma patrulha a sudeste do Mar do Norte, quando avistou três cruzadores encouraçados, como eram chamados à época, da Marinha Real do Reino Unido (RU) que transitavam próximos à costa dos Países Baixos (GRAY, 1994).

O U-9, submersível do tenente *Weddinger*, havia realizado, há poucos meses, o primeiro exercício de recarregamento de torpedos nos tubos em imersão que se tem registro. O comandante do submarino aproximou-se a 500 jardas dos cruzadores sem ser avistado e realizou o ataque. Inicialmente, quando o *HMS Aboukir* foi atingido pelo primeiro torpedo, as tripulações dos outros dois cruzadores, *HMS Hogue* e *HMS Cressy*, pensaram que o navio havia atingido uma mina e realizaram uma manobra de aproximação para resgatar os naufragos, procedimento tradicional da Marinha Real do RU à época. Isso fez com que os outros dois cruzadores se aproximassem do U-9, que logrou êxito em se reposicionar para realizar mais dois ataques (GRAY 1994).

Todos os seis torpedos da dotação do submersível foram utilizados, com disparos realizados pelos dois tubos de vante e os dois tubos de ré, graças ao adestramento da tripulação que recarregou os tubos em imersão, levando os três cruzadores a pique e ceifando a vida de aproximadamente 60 oficiais e 1.400 marinheiros. O U-9 chegou a ser caçado pelos Contratorpedeiros que estavam nas proximidades, mas algumas horas depois se evadiu e, mesmo exaurindo suas baterias, conseguiu sair ileso. A partir desse acontecimento, o conflito no mar não seria mais o mesmo e a Marinha Real do RU levaria a ameaça da arma submarina a sério (GRAY 1994).

Talvez o maior fator de sucesso de Laubeuf no desempenho de seu projeto de submersível tenha sido o esforço no entendimento das necessidades dos operadores, com a

⁵ *U-boot* advém do alemão *Unterseeboot* (barco sob o mar, tradução do autor), forma como os submarinos são chamados na Alemanha. Pelos aliados eram conhecidos como *U-boat*.

experiência operativa que se dispunha à época, para aprimorar os engenhos com a tecnologia de seu tempo. E a nação que mais se utilizou dessas inovações e as colocou em prática foi a Alemanha, que vislumbrou que “a *Jeune École* francesa, defensora da causa do torpedeiro, depois do submarino, frente ao encouraçado, apresentado como condenado” (COUTAU-BÉGARIE, 2010, p.222), como teoria, poderia ser aplicada no emprego do submarino, frente a uma potência marítima mais forte. O mérito alcançado pelos alemães foi fruto de uma combinação do esforço das tripulações, engenheiros e mecânicos no preparo e adestramento do meio, com a ofensividade de seus comandantes no melhor aproveitamento da arma submarina.

2.3 A SEGUNDA GUERRA MUNDIAL (1939 a 1945)

2.3.1 O Emprego do Submarino pela Alemanha

Já no início da Segunda Guerra Mundial, enquanto o Almirante Doenitz⁶ (1891 a 1980) iniciava o que seria conhecida como a Batalha do Atlântico, com a tática de ataque coordenado⁷ de seus *U-boats* contra o Tráfego Mercante (TM) Aliado. Nesse contexto, o comandante do U-47, Gunther Prien (1908 a 1941) viria a torpedear o encouraçado *HMS Royal Oak*, dentro da enseada de *Scapa Flow*, em uma ação solitária que proporcionou uma amarga lembrança à Marinha Real do RU dos afundamentos dos cruzadores encouraçados *HMS Aboukir*, *Hogue* e *Cressy*, no Mar do Norte na Primeira Guerra Mundial.

As restrições do Tratado de Versailles, que se seguiram à capitulação alemã assinada em 1919, antecipavam que a Alemanha estava impedida de possuir submersíveis em seu inventário. Essa cláusula passou a ser ignorada a partir dos anos 1930. No início da guerra, quantidade de *U-boats* não era, segundo o Almirante Doenitz, suficiente para a execução ideal dos planos de ataque coordenado. Mesmo assim, a tática foi colocada em prática, sem ter atingido os resultados previstos nos anos entre guerras (OWEN, 2007).

A Batalha do Atlântico (1939 a 1945) caracterizou-se por uma série de confrontos entre os *U-Boats* e as forças aliadas, incluindo a Marinha Real do RU e dos EUA e as aeronaves de

⁶ Comandante alemão dos *U-boat* (OWEN, 2007)

⁷ Matilha de Lobos: do original do inglês *Wolf Pack*: tática adotada por Doenitz que reunia grupos de 3 a 5 submarinos, que se comunicavam pelo rádio, para executar um ataque coordenado ao TM, de modo a se contrapor ao sistema de comboio dos Aliados.

patrulha marítima. A estratégia dos *U-Boats* era atacar os comboios de navios mercantes que transportavam suprimentos e tropas entre a América do Norte e a Grã-Bretanha, interceptando suas Linhas de Comunicação Marítimas⁸ (LCM), a fim de enfraquecer a capacidade de guerra dos aliados. Inicialmente, os *U-Boats* tiveram muito sucesso afundando navios mercantes, que ofereciam pouca ou nenhuma resistência. No entanto, as forças aliadas aperfeiçoaram os sensores do espectro acústico e eletromagnético, tais como o Sonar⁹ instalados nos navios escoltas, e principalmente o radar¹⁰, instalado tanto nos navios quanto nas aeronaves de patrulha marítima. Além dessas medidas de caráter tecnológico, os aliados se valeram de alterações organizacionais, como a implementação do sistema de comboio, que já havia sido usado na Grande Guerra. Nessa forma de organização, os navios mercantes navegavam em grupos protegidos por navios escoltas e que minimizavam as chances de sucesso do submarino (WERNER, 1969).

Desta forma, com os avanços aliados em equipamentos e táticas, a partir de meados de 1942, a tonelagem afundada pelos alemães começou a decair, ao mesmo tempo em que as perdas de *U-boats* aumentavam. Muitos submarinos eram perdidos quando detectados pelo radar das aeronaves de patrulha marítima aliadas, durante a navegação na superfície, no trânsito de ida ou volta para a patrulha, que partia do Golfo de *Biscaya*, litoral Noroeste da França, onde ficavam as bases de submarinos alemães. Para se contrapor a este fato os engenheiros alemães introduziram inovações nos sistemas dos *U-boats* que redundaram no desenvolvimento do projeto do tipo XXI. Até então, o projeto mais bem sucedido e em maior quantidade era o tipo VII. As primeiras unidades do tipo XXI só ficariam prontas próximo ao fim do conflito e poucas entraram em operação, sendo insuficiente para reverter o destino da Batalha do Atlântico (WERNER 1969).

Os avanços tecnológicos introduzidos pelos alemães que resultaram no Tipo XXI incluíam capacidade de realizar esnórquel¹¹, o que possibilitava a carga de baterias na cota periscópica¹², sem a necessidade de vir à superfície, propiciando longos períodos em imersão, diminuindo

⁸ Linhas de Comunicação Marítima: por onde escoam o TM com o comércio de uma nação e com seus suprimentos necessários ao esforço de guerra.

⁹ Sonar: *Sound, Navigation and Range*, inicialmente denominado ASDIC (*Allied Submarine Detection Investigation, Comitée*) pelos aliados (OWEN, 2007).

¹⁰ Radar: *Radio Detection and Range*, uma inovação, à época.

¹¹ Esnórquel: tubo retrátil que admite ar da atmosfera para o interior do submarino possibilitando o acionamento dos motores a diesel.

¹² Cota periscópica: profundidade em que o submarino, ainda mergulhado, consegue expor os mastros fora d'água.

assim as chances de detecção visual das aeronaves e navios inimigos envolvidos na guerra antissubmarino. Os Tipo XXI eram superiores aos submarinos do RU em relação: ao desempenho do sonar, a velocidade de imersão, a maior cota de operação¹³ e ao menor tempo de carregamento de torpedos. Possuía baterias mais potentes, casco com desenho hidrodinâmico e revestido de uma camada emborrachada com propriedades anecoicas¹⁴ que reduziam a detecção radar em esnórquel ou a detecção sonar ativa¹⁵, quando mergulhado a grandes profundidades, por meio de absorção de energia das ondas emitidas tanto no espectro eletromagnético quanto no espectro acústico (HENNESSY *et al*, 2015).

O esforço de guerra alemão, diante das dificuldades enfrentadas na Batalha do Atlântico, provocadas pelas inovações e táticas implementadas pelos aliados, com perdas significativas de material e pessoal para os *U-boats*, fez surgir o projeto inovador do tipo XXI. Esse modelo de submarino, a frente de seu tempo e com grandes melhorias operacionais, tais como o esnórquel, faz jus a denominação de submarino e não de submersível, por ter a capacidade de permanecer mais tempo em imersão do que na superfície durante uma patrulha de guerra. Se o tipo XXI existisse desde o início do conflito e em quantidade suficiente, como desejava o Almirante Doenitz para a aplicação do ataque coordenado, talvez o rumo da Batalha do Atlântico tivesse sido outro.

Os avanços incorporados ao tipo XXI pelos alemães foram formidáveis para a época e tão apreciados por quem os conhecia que seriam copiados para servir de base para as próximas gerações de submarinos aliados, principalmente para a então URSS, os EUA, RU e França. Ao fim da Segunda Guerra Mundial as disputas pelo espólio de guerra alemão marcaram o início da Guerra Fria (1947 a 1991), pois ambos os lados, o ocidente e do oriente, não queriam que o outro chegasse antes para se apropriar das inovações alemães.

Além do tipo XXI, os engenheiros alemães desenvolveram outros projetos revolucionários, como o tipo XVIIIB, de menor tamanho, e o tipo XXVI, concebidos com base em um sistema de circuito fechado com alta concentração de mistura de peróxido de hidrogênio, que seria decomposta a altas temperaturas para operar o motor a diesel em imersão, e de

¹³ Maior cota de operação: máxima profundidade em que o submarino opera, geralmente á metade do valor da profundidade de colapso

¹⁴ Que não produzem eco.

¹⁵ Detecção sonar ativa: existem dois modos de operação sonar, o **ativo**, no qual o transdutor emite um pulso e aguarda o recebimento do seu eco e o **passivo**, no qual os hidrofones só captam os ruídos do ambiente.

forma independente do ar. Ao final da guerra, com a derrota alemã em 1945, todos os novos modelos foram capturados pelos aliados para serem estudados e reproduzidos nos projetos de submarinos vindouros do pós guerra. A preocupação do aliado do ocidente era que o aliado do oriente não tivesse acesso ao mesmo espólio de guerra, o que se tornava difícil de evitar, a depender da localização geográfica das bases e das tropas aliadas (HENNESSY *et al*, 2015).

Antes de tratar da evolução do submarino na Guerra Fria, faz-se mister abordar outro fato histórico do emprego da arma submarina ainda na Segunda Guerra Mundial. Só que dessa vez o cenário estava do outro lado do mundo, na Batalha do Pacífico (1941 a 1945), e foi protagonizado pela Marinha dos EUA e a Marinha Imperial Japonesa.

2.3.2 O Emprego do Submarino pelos EUA

A Conferência Naval de Washington de 1921, na qual as grandes potências se reuniram para limitar o número de navios e tonelagem de cada classe que cada país deveria possuir, o RU propôs abolir o uso do submersível nas marinhas de guerra, por meio de um tratado internacional. Mas a França e os EUA, dentre outras potências, votaram contra, inclusive os EUA queriam aprovar o maior número possível de tonelagem para seus submarinos. Outra cláusula colocada em pauta foi a de que deveria haver um código de conduta humanitária para o uso do submersível. No entanto, o argumento era tão contraditório para uma arma militar que a cláusula foi rejeitada. Quando do início da guerra no Pacífico, em dezembro de 1941, a política anterior do Estado-Maior da Marinha dos EUA de empregar o submersível somente para destruir Encouraçados e Navios Aeródromos inimigos foi ampliada para a guerra submarina irrestrita contra o Japão (KAPLAN, 2015).

O submarino dos EUA mais comum que constava do inventário da Marinha para ser empregado na Batalha do Pacífico era o Classe *Gato*, também conhecido como Submarino de Esquadra, que foi projetado para efetuar reconhecimento da Esquadra inimiga e prestar apoio à Força Naval dos EUA, sendo designados para escoltas avançadas, para buscar, acompanhar e reportar dados da Força Naval japonesa. Quando possível, tinham a missão de também realizar, oportunamente, ataques de atrição contra navios de guerra japoneses, desde que não interferisse em sua atividade principal que era a de reconhecimento. Suas características técnicas maximizavam a velocidade de trânsito e autonomia, enquanto cumpria as limitações

impostas pela Conferência Naval de Washington (LEWIS, 2022).

As características do Classe *Gato* de altas velocidades e grande autonomia também atendiam aos requisitos para a *guerra de corso*¹⁶, porém, ainda assim, a implementação da política de guerra irrestrita, por parte dos EUA, levou muito tempo para ser adotada, além de vários problemas relacionados com a eficiência do torpedo, má condução dos motores e falta de arrojo dos comandantes para efetuarem os ataques, que frearam o desempenho da arma submarina no ataque ao TM japonês até 1943. Após a superação desta fase, a campanha dos EUA na batalha do Pacífico na guerra submarina irrestrita foi a mais bem sucedida da história, sendo muito mais efetiva do que a perpetrada pelos alemães na Batalha do Atlântico. Entretanto, apesar dos percalços iniciais, o conhecimento e adestramentos praticados nos submarinos existentes da Marinha dos EUA, nos anos pré-guerra, foram fundamentais para o sucesso a partir de 1943. Se novos submarinos tivessem de ser construídos e novas tripulações tivessem de ser formadas no início da guerra, a campanha teria sido profunda e negativamente afetada (LEWIS, 2022).

Na sua terceira patrulha como comandante do submersível *USS Sealion*, em uma noite de outubro de 1944 nas proximidades da ilha Formosa, o Capitão de Corveta Eli T. Reich (1913 a 1999) foi avisado pelo seu operador radar da detecção de contatos a mais de 44 mil jardas. Inicialmente o comandante pensou que se tratava de terra, pois o submarino realizava patrulha a nordeste da ilha Formosa, e o alcance do radar não costumava ser tão longo. Mas tratava-se de uma Força Naval Japonesa sob o comando do Vice-Amirante Takeo Kurita (1889 a 1977), que incluía três encouraçados, um cruzador leve e quatro contratorpedeiros. Os três Encouraçados, *Yamato*, *Nagato* e *Kongō* transitavam para o Japão a fim de serem reparados das avarias sofridas na Batalha do Golfo de *Leyte*, evoluindo a 16 nós para economizar combustível (WILDENBERG, 2023).

Sem o conhecimento do *USS Sealion*, o Encouraçado *Yamato* detectou o radar do submersível em alguma marcação a nordeste, e após uma breve discussão no passadiço do Encouraçado *Yamato*, a decisão foi por alterar o rumo e realizar um leve ziguezague¹⁷. Essa alteração não possibilitou o afastamento da Força em relação ao submersível. O retorno do eco

¹⁶ Guerra de Corso: Modalidade de guerra que consistia no emprego autorizado pelo governo de seu país de navios armados contra navios mercantes das nações inimigas.

¹⁷ Ziguezague: manobra evasiva realizada por uma Força Naval a fim de dificultar a obtenção da solução de tiro por parte de um submarino.

radar da Força a 30 mil jardas indicou que o *Sealion* detectara quatro grandes navios. Reich, percebendo que a única possibilidade de entrar em posição para o disparo seria desenvolver altas velocidades, decidiu por um ataque na superfície, ordenou postos de combate e advertiu ao Chefe de Máquinas que precisaria de toda velocidade disponível (WILDENBERG, 2023).

A 20 nós, o *USS Sealion* correu paralelo ao comboio para buscar a posição de tiro. Quando em posição, reduziu a velocidade e realizou a primeira salva, disparando dois torpedos Mk 18 que atingiram o Encouraçado *Kongō*, que continuou navegando. O submersível realizou mais um ataque ao *Nagato*, mas o Encouraçado conseguiu realizar uma manobra evasiva e não foi atingido. O Encouraçado Kongo, apesar do combate às avarias resultantes dos torpedeamentos, acabou não resistindo e foi à pique. Reich havia realizado algo inédito para os submarinistas da Marinha dos EUA. Ele e sua tripulação afundaram um navio de guerra inimigo por ação da arma submarina da Marinha dos EUA (WILDENBERG, 2023).

Em 1943 a indústria dos EUA surgiu com o torpedo Mk 18, uma cópia do torpedo elétrico alemão da Segunda Guerra Mundial capturado nos anos anteriores e que provou ser bem-sucedido, tendo sido responsável por afundar aproximadamente 1 milhão de toneladas do TM japonês (GREEN, 2019).

Apesar da histórica ação do afundamento do Encouraçado *Kongō*, em que coloca em prática a política de emprego inicialmente almejada pelos EUA, em relação às suas intenções no uso do submarino contra alvos militares, muito mais importante para contribuir com o esfacelamento do poder militar japonês foi a interceptação de suas LCM, principalmente pelos submarinos dos EUA. Isso se deu em razão dos japoneses não terem conseguido desenvolver uma boa campanha de guerra antissubmarino, assim como os aliados conseguiram contra os *U-boats*, na Batalha do Atlântico.

Na campanha da arma submarina da Marinha dos EUA no Pacífico, o desempenho do torpedo Mk 18 demonstrou mais uma vez a evolução da Alemanha no desenvolvimento da arma submarina, denotando o esforço e investimento na arma submarino como um fator importante do Poder Naval¹⁸, à época.

¹⁸ Poder Naval: é um dos componentes da expressão militar do Poder Nacional e integrante do Poder Marítimo (Brasil, 2017).

2.4 NOVOS TIPOS DE EMPREGO DO SUBMARINO

Imediatamente após o fim da Segunda Guerra Mundial a possibilidade de conflito do Ocidente com a então União das Repúblicas Socialistas Soviética (URSS) parecia remota e improvável. No entanto, a partir de 1947 as relações entre Ocidente e Oriente se deterioraram com as crises que eclodiam pelo mundo, tais como a guerra civil grega e a tentativa de influência da URSS sobre a Turquia. Desde então, um período de intensa rivalidade geopolítica, ideológica e militar ocorreu entre duas superpotências principais: os EUA e a URSS, com os respectivos blocos de aliados. O período foi marcado por uma série de tensões, competições e confrontos indiretos em todo o mundo. Nesse ambiente, é relevante mencionar a corrida armamentista, que teve como um de seus protagonistas o duelo das capacidades dos submarinos de ambos os lados (HANNESSY, 2015).

Em 1949, no mesmo ano em que a China e a Tchecoslováquia se tornaram comunistas, o *USS Cochino*, que fora lançado duas semanas após o bombardeio nuclear de *Hiroshima* e *Nagasaki*, foi designado para uma das primeiras operações de inteligência realizadas por submarinos dos EUA. Partindo do RU para o mar de Barents, dentro do Círculo Polar Ártico e na costa da URSS, para efetuar levantamentos topográficos, interceptar comunicações e descobrir se os russos já realizavam testes com artefato nuclear, pois havia rumores de que o antigo aliado e agora adversário, estava prestes a desenvolver a bomba nuclear. O submarino era da classe *Ballao* modificado para realizar esnórquel, e, inicialmente, a missão seria para adestrar a tripulação no novo equipamento que possibilitaria imersões a longos períodos. Mas novas ordens chegaram junto com um oficial de inteligência, enquanto atracado no RU. Durante a patrulha o submarino sofreu um alagamento devido ao mar grosso, enquanto realizava um esnórquel, seguido de uma explosão em umas das praças de bateria, vitimando fatalmente dois tripulantes. Após ter vindo à superfície, a tripulação ainda tentou salvar o navio, que foi rebocado por outro submarino dos EUA que se encontrava nas proximidades. Mas a tentativa foi em vão, pois o mar revoltado castigou o navio e contribuiu para outro incêndio a bordo, desta vez a tripulação foi obrigada a abandonar o navio (SONTAG, 1998).

No início da Guerra Fria, a operação e condução de submarinos realizada pelos soviéticos era insipiente e inexpressiva, pois haviam tido pouca experiência com a arma submarina nos conflitos anteriores. Uma prova disso é o juízo de valor que os aliados do Ocidente faziam da capacidade dos soviéticos, em relação a operação de submarinos, à época:

o primeiro era que tudo que tinham alcançado de positivo na condução de submarinos desde o conflito se devia ao conhecimento adquirido com os modelos do espólio de guerra alemão, mais notadamente o tipo XXI; o segundo era que os russos não eram verdadeiros homens do mar. Desta forma, a ameaça da arma submarina soviética era considerada baixa. Um informe da inteligência britânica de 1946 relatava que os soviéticos possuíam 210 submarinos, incluindo dez alemães (HENNESSY *et al*, 2015).

Apesar da constatação acima, a construção de submarinos na URSS estava em acelerado processo e os russos desenvolviam as técnicas necessárias à operação do submarino. Os adestramentos se intensificavam de maneira que o aperfeiçoamento viria em pouco tempo. Em meados da década de 1950, a URSS possuía 350 submarinos. Desta forma, para se contrapor aos avanços dos soviéticos nas operações com submarinos, os aliados Ocidentais já realizavam exercícios de submarino vs. submarino¹⁹ no início da década de 1950 a fim de que estivessem preparados caso encontrassem com algum submarino inimigo durante as missões de inteligência. Neste tipo de adestramento, o submarino mais silencioso sairia vitorioso, pois realizaria o disparo simulado de um torpedo, aquele que detectasse o oponente primeiro. (HENNESSY *et al*, 2015).

Depreende-se que a partir da capacidade furtiva e de ocultação do submarino, características precípuas do meio, após o fim da Segunda Guerra Mundial, os responsáveis por definir como seria travada a batalha da espionagem que se iniciava na Guerra Fria, o selecionaram como um dos principais vetores para tal tarefa, pois suas ações eram incomparavelmente mais discretas que as realizadas por navios de superfície e aeronaves. O caso do *USS Cochino* exemplifica como os submarinos começaram a ser utilizados para coletar informações valiosas sobre o adversário, sem que ele tomasse conhecimento. Por outro lado, o fato de o submarino ter sido perdido por um problema de entrada de água pelo conduto do esnórquel, quando carregava suas baterias, mostrou, tanto para os operadores como para os decisores, que o submarino de verdade seria o de propulsão nuclear, completamente independente da superfície para realizar suas missões, a partir da evolução do controle da reação nuclear, tecnologia já em desenvolvimento pelos EUA.

¹⁹ Exercício de Submarino versus submarino: adestramento em que um submarino é designado para ficar em patrulha, colocado no centro de um círculo e o outro em trânsito tendo que pelo menos tangenciar o círculo, realizando esnórquel ou não, quem detectasse primeiro e efetuasse mais ataques válidos, vencia.

2.5 O SUBMARINO NUCLEAR E O INÍCIO DA DETERRÊNCIA NUCLEAR MARÍTIMA

2.5.1 O Submarino Nuclear

O Almirante *Rickover* (1900 a 1986) era um oficial da Marinha dos EUA e um engenheiro naval respeitado em seu meio. Ele reconheceu o potencial da energia nuclear para a propulsão de submarinos e navios de superfície de maneira revolucionária, proporcionando maior autonomia, velocidade mantida e capacidade de permanecer submersos (os submarinos) por longos períodos. *Rickover* foi um forte defensor da propulsão nuclear e trabalhou incansavelmente para superar desafios tecnológicos e burocráticos e fazer da sua ideia uma realidade. Suas entrevistas para selecionar a mão de obra para trabalhar no projeto ficaram famosas por serem rigorosas e desafiadoras, questionando os candidatos sobre uma variedade de tópicos, incluindo matemática, ciência, ética e motivação, pois buscava homens de comportamento inabalável diante de crises, que tivessem atenção aos procedimentos, prestassem atenção aos mínimos detalhes e fossem meticulosos como o próprio Almirante *Rickover*. Sua postura em relação ao fator humano envolvido no programa era essa, porque estava convencido de ser a única maneira de manter a segurança do reator nuclear, selecionando a mão de obra que estaria no projeto da melhor maneira possível. *Rickover* tinha consciência de que a segurança do reator era a única maneira de manter o apoio da sociedade para o projeto (SONTAG, 1998).

O *USS Nautilus* foi o primeiro submarino movido a energia nuclear da Marinha dos EUA e um marco importante na história da tecnologia naval. Sua concepção foi fruto da abnegação do Almirante *Rickover* e o reator escolhido para lhe servir foi o Reator de Água Pressurizada, que se utilizava da fissão nuclear ocorrida no reator para aquecer a água do sistema primário a altas temperaturas, sob pressão. Essa energia era transferida para um sistema secundário, no qual sua água se transformaria em vapor para mover as turbinas de um turbogerador, responsável por gerar energia para todos os sistemas de bordo e principalmente a propulsão. Era uma época de experimentação, o ciclo de geração de energia nuclear ainda não havia sido dominado, assim sendo, outro tipo de reator foi desenvolvido em paralelo, para se saber qual deles teria o melhor resultado. O reator alternativo era o Reator de Sódio Líquido, que em vez de ter a água pressurizada como elemento resfriador, tinha o sódio líquido. Esse reator foi instalado no segundo submarino nuclear dos EUA, o *USS Seawolf*, porém, logo foi substituído pelo mesmo reator instalado no *USS Nautilus*. O Reator de Sódio Líquido se mostrou mais

problemático para se operar, apresentando diversos vazamentos (CRAVEN, 2002).

O lançamento do *USS Nautilus* se deu em 1954 para iniciar todos os testes necessários após a construção de um projeto inédito que incluíam provas de mar e de porto. Após algumas correções, o submarino estava pronto para ganhar o mundo e atingir seu grande feito, a viagem sob o gelo do Ártico até o Polo Norte geográfico. Em 1958, O *USS Nautilus* se tornou o primeiro navio a chegar ao Polo Norte. Essa capacidade de operar sob o gelo do Ártico tinha implicações estratégicas significativas durante a Guerra Fria, pois demonstrou que os submarinos nucleares dos EUA poderiam seguir rotas anteriormente inacessíveis e operar em regiões onde era difícil para os oponentes detectá-los e atacá-los (SONTAG, 1998), além disso, trazia o potencial de levar a ameaça para bem mais próximo do adversário.

2.5.2 A Deterrência Nuclear Marítima

Uma das definições clássicas de deterrência refere-se à prática, especialmente em relações internacionais, de prevenir ou desencorajar ações hostis de outro ator através da ameaça de retaliação. Dissuadir um adversário de tomar uma ação específica ao tornar o custo percebido dessa ação proibitivamente alto. Em outras palavras, ameaçar de genocídio para evitar um genocídio, por intermédio de um segundo ataque (FREEDMAM, 2004).

A teoria do segundo ataque refere-se a um conceito relacionado à deterrência nuclear. Essa teoria é uma parte importante da estratégia de dissuasão utilizada pelas potências nucleares da Guerra Fria, ainda válido para se evitar um conflito nuclear total. Isso significa que, mesmo que um país sofra um ataque nuclear inicial que cause danos significativos, ele ainda teria capacidade de retaliar com um segundo ataque, o que dissuadiria potenciais agressores de lançar um ataque em primeiro lugar. A ideia por trás do segundo ataque é criar um cenário de destruição mútua assegurada, no qual tanto o agressor quanto o país atacado enfrentariam consequências catastróficas se um conflito nuclear completo fosse desencadeado. Isso, teoricamente, incentivaria a moderação e a contenção por parte das nações, pois os líderes entenderiam que um ataque nuclear resultaria em uma resposta igualmente devastadora (FREEDMAM, 2004).

Os EUA buscavam a tríade da deterrência nuclear, isto é, a capacidade de cada Força, seja ela a Terrestre, a Aérea e a Naval infligir um ataque nuclear ao adversário. Os EUA já tinham

a capacidade de lançar mísseis de cruzeiro com ogivas nucleares, a partir do primitivo Sistema *Regulus*, por meio de submarinos convencionais que operavam próximos à costa da URSS. Entretanto os russos já haviam lançado o satélite *Sputnik*, em uma clara demonstração de que já possuíam o veículo lançador necessário para um míssil balístico. Uma resposta a altura deveria ser dada. Desta forma, com base no projeto do *USS Nautilus*, os EUA lançaram o primeiro Submarino Nuclear Balístico (SSBN), em novembro de 1960. O *USS George Washington*, que possuía uma seção a mais para o novo sistema de lançamento de mísseis balísticos, o *Polaris*, e que tinha obtido máxima prioridade no governo dos EUA para ser finalizado sob a responsabilidade do Almirante Raborn, a fim de se contrapor aos sistemas de lançamentos soviéticos. Portanto o SSBN se configurou como uma capacidade de deterrence nuclear marítima (CRAVEN, 2002).

A deterrence nuclear marítima baseada em SSBN obrigou às marinhas a desenvolver técnicas para o acompanhamento destes pelos SSN (Submarinos Nucleares de Ataque) que, além de serem silenciosos, possuíam arranjos de sonares modernos para detectar e acompanhar contatos silencioso utilizando espectros de baixa frequência. Outra tarefa atribuída aos SSN na área de inteligência era a interceptação de cabos submarinos de comunicações e dados do inimigo. O colapso da URSS pontuou o fim da Guerra Fria e, conseqüentemente, alguns SSBN dos EUA foram transformados em SSGN (Submarino Nuclear lançadores de Mísseis de Cruzeiro), adaptados para lançar mísseis de cruzeiro, especificamente o *Tomahawk* e também efetuar o lançamento e recolhimento de agentes de Forças de Operações Especiais, muito empregados na Primeira Guerra do Golfo (1991) (SONTAG, 1998).

2.6 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

As profundezas do mar são como o espaço sideral para o ser humano, não se sabe ao certo o que há nele, mas sempre houve o desejo de ir até lá, de talvez habitá-lo e explorá-lo. O uso militar do submarino foi realmente comprovado com o evento CSS *Hunley*, ainda na Guerra de Secessão dos EUA. Desde então, a arma acompanhou as revoluções industriais e inicialmente pensada para ter um uso clássico, contra alvos militares somente. Com a Grande Guerra, a atuação do submarino se estendeu até as LCM do adversário para desgastar o esforço de guerra inimigo e atingir seu TM. Já na Segunda Guerra Mundial, o papel do submarino na guerra de

curso foi maximizado e passou a ser a sua atuação prioritária, causando danos que quase estrangularam o esforço de guerra da Inglaterra e aliados, e que custou a guerra para o Império japonês na Batalha do Pacífico.

Com a Guerra Fria e o advento do submarino nuclear, o papel principal do submarino foi exercer a deterrência nuclear marítima com a capacidade de efetuar o segundo ataque, no caso do SSBN, e realizar tarefas de inteligência como interceptar cabos submarinos de comunicações e acompanhar os SSBN inimigos, no caso do SSN. Com o fim da Guerra Fria e a dissolução da ex-URSS, tornou-se insustentável manter os grandes orçamentos frente à opinião pública dos EUA e de todo o mundo, para manter o grande número de submarinos. Desta forma alguns SSBN dos EUA foram transformados em SSGN, lançadores de mísseis de cruzeiro e de agentes de Forças de Operações Especiais. Disso, fica evidente que a arma nunca se apresentou em sua forma acabada, sendo, antes um processo em continuado estado de transformação.

Para o restante do século XXI, a dissuasão ou a deterrência nuclear marítima para quem possui artefato nuclear, juntamente com as missões de inteligência serão os campos principais de atuação dos submarinos nucleares. No caso do Brasil, o Submarino Convencionalmente Armado de Propulsão Nuclear (SCAPN) terá o papel de defesa dos interesses do país no Entorno Estratégico, cujo cenário será assunto do próximo capítulo.

3 O CENÁRIO NO ENTORNO ESTRATÉGICO

George Friedman (2009), um conhecido geopolítico de origem húngara, erradicado nos EUA, relata em seu livro sobre a previsão de como seriam os próximos 100 anos, que não possui bola de cristal. No entanto, se um método que compreenda o que aconteceu no passado para antecipar o futuro for elaborado, é possível realizar boas previsões. Através do caos que impera nos acontecimentos históricos, o desafio é buscar a ordem nesses acontecimentos, que pode ser vislumbrada nos eventos, tendências e tecnologias que apareçam a fim de antecipar o futuro.

O mesmo autor afirma ainda em seu livro de 2009, quando tratava dos conflitos na Eurásia, que tensões e controvérsias permeavam as relações entre Rússia e Ucrânia em meio às aspirações do pequeno país vizinho em fazer parte da OTAN e integrar a União Europeia, para desgosto dos governantes russos, que viam nessa aspiração, além de uma ameaça, uma clara perda de influência em um Estado satélite, membro da ex-URSS (FRIEDMAN, 2009).

Então, houve a anexação da Crimeia em 2014, sem maiores conflitos, pois a Rússia já possuía uma Base Naval em Sebastopol, o que lhe garantia um acesso ao Mar Negro, e, conseqüentemente, ao Mar Mediterrâneo. E mais recentemente, em fevereiro de 2022, a Rússia invadiu a Ucrânia com a intenção de anexar territórios, em um conflito de artilharia clássica, no qual as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) têm vasto uso. Este último evento foi marcado pela baixa probabilidade com que a maioria dos analistas considerava a sua ocorrência, apesar de toda a movimentação de tropas russas na fronteira com a Ucrânia, desde os meses anteriores à invasão, o que indicava um iminente ataque (TREVELYAN, 2021).

O conflito entre Rússia e Ucrânia que ainda acontece neste momento, e que nenhum analista se arrisca em dizer como se dará seu desfecho, demonstra a importância de se entender o passado histórico de determinada região, ou seja sua Geopolítica²⁰, e, mais ainda, a necessidade de prontidão das Forças Armadas de um país para se contrapor a qualquer tipo de ameaça, pois, por mais que haja indicadores que mostrem a escalada de uma crise, não há como se prover uma Defesa, em termos de equipamentos e pessoal para guarnecê-los, sem o devido preparo, intempestivamente.

²⁰ Ciência que analisa os efeitos da geografia, tanto em termos físicos quanto humanos, nas políticas e relações internacionais de Estados.

O propósito deste capítulo não é apresentar um Cenário Prospectivo²¹, no qual o Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCAPN) seja empregado, e sim mostrar as perspectivas da região do Entorno Estratégico brasileiro definido na Política Nacional de Defesa, “que inclui a América do Sul, o Atlântico Sul, os países da costa ocidental africana e a Antártica” (Brasil, 2012, p.11), em termos de ameaças tradicionais, Novas Ameaças²², características ambientais da área, riquezas a serem protegidas, histórico de conflitos da região e tendências das tecnologias futuras, como veículos não tripulados e as possibilidades dos oceanos se tornarem transparentes. Tudo isso para melhor definir o papel de emprego do SCAPN.

3.1 AMEAÇAS CONVENCIONAIS

As ameaças tradicionais se referem a possibilidade de algum Estado vizinho, que unilateralmente, busque resolver um conflito de interesse por meio de escalada da crise que leve a beligerância, e conseqüentemente o emprego das Forças Armadas. Há exemplos no passado, como a Guerra do Paraguai (1864 a 1870), um conflito que envolveu quatro países da América do Sul, e a Guerra das Malvinas (1982), que será abordada mais à diante. Porém, a médio e longo prazo, não há grandes possibilidades de ameaças tradicionais que suplantem a capacidade de Defesa Naval do Brasil no âmbito do Atlântico Sul e que provenham da América do Sul. O que há no horizonte em termos de conflito clássico é a polarização, aos moldes do que ocorreu na Guerra Fria entre o ocidente e o oriente, representados pelos EUA e China, respectivamente.

O crescimento asiático baseado na China é uma referência à influência econômica e geopolítica crescente da China na Ásia e, mais amplamente, em todo o mundo. Desde a reforma econômica iniciada em 1978 sob a liderança de Deng Xiaoping, a China experimentou um rápido crescimento econômico e se tornou a segunda maior economia do mundo. Esse crescimento e expansão da China tiveram implicações profundas para a região do leste asiático, que é composta por 16 países nos quais habitam cinco bilhões de pessoas que correspondem a cinco civilizações: a chinesa, a russa, a indiana, a japonesa e a muçumana. Vive-se uma nova era

²¹ Refere-se a uma representação ou descrição coerente de um possível futuro.

²² Desafios emergentes e evolutivos que podem prejudicar a estabilidade, segurança ou bem-estar de sociedades, nações ou o mundo em geral.

euroasiática (GARCIA, 2020).

Essa nova era euroasiática se justifica pois Menzies (2006) revela que a China, em 1421, era uma das nações mais importantes e ricas do globo, com uma esquadra gigantesca capaz de realizar uma circunavegação para explorar o mundo, muito antes dos europeus. Possuíam uma sociedade organizada que dispunha de muitas tecnologias avançadas em relação a outras civilizações de seu tempo. No entanto, essa situação se inverteu quatro séculos depois.

Em virtude de eventos do passado em que países europeus subjogavam os chineses, como, por exemplo, na primeira Guerra do Ópio (1838)²³, o atual crescimento econômico da China não se restringe somente ao embate com o ocidente em termos de Produto Interno Bruto ou comércio, mas se trata de reafirmar os valores das civilizações asiáticas em uma posição superior ao ocidente, em uma forma de compensar as humilhações impostas no passado pelos países ocidentais (GARCIA, 2020).

A China possui muitos investimentos, principalmente em infraestrutura, nos países tanto na costa oriental da América do Sul quanto na costa ocidental da África, o que justificaria suas intenções de influenciar nas políticas realizadas pelos países da região, se contrapondo, naturalmente, aos interesses de outra superpotência também com influências na região, os EUA. Se esses países caírem na Armadilha de Tucídides²⁴, e algum conflito se estender ao Atlântico Sul, o Poder Naval brasileiro deverá estar pronto para defender os interesses do país, seja ele qual for. Outro acontecimento recente que denota esta polarização entre EUA e China que já toma vulto global foi o estabelecimento do Pacto de Segurança Trilateral entre Austrália, RU e EUA (AUKUS) para prover a aquisição, por parte da Austrália de submarinos de propulsão nuclear.

A AUKUS é essencialmente uma aliança de segurança trilateral na política internacional tradicional, mas historicamente é a única aliança militar multilateral emergente na região da Ásia-Pacífico nas últimas três décadas. O compromisso dos EUA e do Reino Unido de facilitar a aquisição pela Austrália de uma força de propulsão nuclear de pelo menos oito submarinos para substituir sua antiga flotilha de propulsão convencional da classe *Collins* fará da Austrália o

²³ Conflito provocado pela disparidade da balança comercial entre Inglaterra e China, quando os ingleses impõem o consumo de ópio aos chineses.

²⁴ Conceito das Relações Internacionais que ocorre quando um poder em ascensão ameaça a posição de um poder já estabelecido, e na contenda, esses decidem pelas armas.

sétimo país do mundo com este importante símbolo de poder militar. O novo AUKUS se encaixa bem na visão da política externa do governo Biden de revigorar as alianças e parcerias dos EUA, bem como engajar a China a partir de uma posição de força, com o auxílio a um país regionalmente próximo que tenha condições de se contrapor à China. O anúncio da aliança militar com o direcionamento de um rival específico indica um viés dos tempos de Guerra Fria, tornando o AUKUS quase inteiramente simbólico (CHANG, 2022).

O AUKUS prova que o centro de gravidade geopolítico está gradualmente se deslocando do Oceano Atlântico para o Oceano Pacífico. O poder estratégico de um país se desloca do espaço territorial para os mares, no caso da China, que em termos de números já possui a maior marinha do globo. As potências marítimas ganham, novamente, domínio no espaço geopolítico global. As alianças mais antigas, bem como as novas, estão gradualmente mudando a sua posição em direção aos mares. A nova polarização Sino-EUA que se destaca, também se concentra no controle estratégico sobre as rotas marítimas, o comércio e os recursos (NIKITA, 2022).

O novo acordo trilateral não é apenas uma preocupação para os chineses, pois criou diferenças entre os membros da OTAN, principalmente por parte da França. Com esta parceria, foram canceladas as negociações que estavam em curso entre a França e a Austrália para o desenvolvimento de submarinos diesel-elétricos. O projeto deveria ser um acordo de 60 bilhões de dólares entre as duas nações e foi subitamente cancelado de maneira unilateral, pelos australianos (NIKITA, 2022).

Nesse contexto, é válido retornar ao tema do período próximo ao fim da Guerra Fria para destacar a diminuição natural das marinhas ocidentais, principalmente no que tange às operações com submarinos e à guerra antissubmarino e a ascensão da Marinha Chinesa, com o auxílio da Rússia.

Durante a Guerra Fria, como já visto, a corrida armamentista na área militar naval entre os EUA e a ex-URSS foi uma parte importante do confronto entre os dois blocos. Dentro desta competição os submarinos evoluíram para os principais ativos estratégicos de ambos os lados. Para obter vantagem, a OTAN e a URSS investiram pesadamente não apenas em novos submarinos, mas também em técnicas e táticas de guerra antissubmarino. No final da Guerra Fria, as esquadras de ambos os lados da Cortina de Ferro foram concebidas para conduzir

operações submarinas ou combatê-las, e se utilizavam de técnicas sofisticadas para fazê-lo. Enquanto a esquadra soviética foi vítima da turbulência econômica, política e social na Rússia pós-soviética e nos seus antigos Estados satélites, as marinhas ocidentais rapidamente se comprometeram com tarefas novas, mas diferentes, que fizeram menos uso de submarinos e da guerra antissubmarino (PETERS, 2021).

Na ausência de um concorrente homólogo no controle do mar, o papel futuro da OTAN foi questionado e a aliança teve de se adaptar na arquitetura da segurança internacional. As unidades da OTAN começaram a desempenhar um papel importante na gestão de conflitos e crises no Mediterrâneo Oriental, no Golfo Pérsico ou nas águas em torno do Chifre da África. Essas tarefas de Segurança Marítima secundária foram executadas pelas tripulações de submarinos altamente qualificadas, otimizados para as águas frias do Atlântico Norte, com uma forte ênfase na guerra antissubmarino. Mas quanto mais tempo a situação permanecesse, mais planejadores e operadores adaptados a ele: Exercícios focados mais em assistência humanitária e alívio em desastres, embarque de navios e operações de busca e apreensão, em vez de operações de comboio através do Atlântico ou antissubmarino na Lacuna da Groenlândia-Islândia-RU (GIUK). Do lado político, houve um forte apetite para lucrar com o chamado dividendo da paz após a vitória da Guerra Fria (PETERS, 2021).

Isto levou a um amplo declínio nos orçamentos de defesa e a uma redução significativa no tamanho das esquadras da OTAN. Hoje, todas as marinhas ocidentais operam com uma força de combate significativamente menor do que em 1990. Novas plataformas, encomendadas em menor número, foram concebidas para cumprir a infinidade de tarefas de segurança marítima de baixa intensidade que as marinhas ocidentais enfrentaram na década de 1990 e no início da década de 2000. A capacidade multimissão foi a justificativa usada para obter financiamento naquela época. Especialmente na Europa, isso resultou em fragatas relativamente maiores, mas, comparativamente com suas antecessoras da Guerra Fria, levemente armadas, otimizadas para ter capacidade prolongada em áreas distantes e para tarefas de Segurança Marítima. O exemplo disso é a fragata classe *F125 Baden-Württemberg* da Marinha Alemã. É justo dizer que a utilização extensiva do dividendo da paz resultou na atrofia de capacidades na Defesa Naval em alto nível em todas as marinhas ocidentais e da OTAN, mas em graus variados (PETERS, 2021).

Desenvolver e operar submarinos e manter contramedidas adequadas, significa ultrapassar constantemente os limites tecnológicos, a guerra antissubmarino pertence às áreas

de Defesa Naval mais complexas, difíceis e dispendiosas. Não é nenhuma surpresa que esta capacidade tenha sido a mais reduzida desde 1990. Além disso, devido à sua natureza complexa, é necessário muito esforço, tempo e dinheiro para trazer a guerra antissubmarino de volta à mentalidade e às plataformas de uma Força Naval (PETERS, 2021).

A partir deste ponto, este subtópico examinará porque as marinhas ocidentais deveriam começar a investir esforço, tempo e recursos na recuperação das suas capacidades na guerra antissubmarino. Irá analisar as atuais ameaças e desenvolvimentos no domínio abaixo d'água. Examinará ainda como será o futuro da guerra antissubmarino, qual o papel que os sistemas não tripulados poderão desempenhar e que problemas podem surgir disto, tanto taticamente como estrategicamente.

Nos últimos anos, assistimos a um impulso nas inovações tecnológicas no domínio submarino e na aquisição de submarinos em todo o mundo. Do ponto de vista da OTAN, mas também da UE, o grande rival estratégico no domínio submarino ainda é a Rússia. A Marinha Russa passou por um período conturbado na década de 1990 e no início de 2000, sendo a perda do SSN *Kursk* o seu ponto mais baixo. A recuperação foi lenta e em áreas parciais, contudo, conseguiu manter algumas capacidades na sua Força de Submarinos, com vasta tradição na Marinha Russa (PETERS, 2021).

O estaleiro *Sevmash*, o único estaleiro da Rússia capaz de construir SSN/SSBN, conseguiu modernizar lentamente as suas linhas de produção e manter um núcleo de trabalhadores qualificados. O mesmo se aplica ao *Rubin Design Bureau*, escritório responsável pelo desenvolvimento dos submarinos russos. No entanto, ambas as instituições enfrentam problemas no recrutamento de jovens talentos e pesquisadores qualificados, de maneira que não está claro como isso afetará as futuras capacidades de projeto e construção de submarinos russos. Por enquanto, a Força de Submarinos Russa (nuclear e convencional) consiste principalmente em submarinos modernizados e aperfeiçoados, e alguns progressos significativos devem ser reconhecidos (PETERS, 2021).

Ao contrário do que acontecia com a ex-URSS, a Rússia está, atualmente, reduzindo a sua Força de Submarinos para duas classes de propulsão nuclear e uma classe convencional. A futura flotilha nuclear será formada pelo SSN *Projekt 885* da classe *Yasen* e pelo SSBN *Projekt 955* da classe *Borei*. O sucessor do SSK recentemente modernizado, da classe *Kilo*, será o *Kalina*,

que terá uma versão AIP. Os dez SSBN *Borei* previstos, substituirão os antigos *Delta* III e IV e formarão a espinha dorsal da dissuasão nuclear marítima russa. Atualmente, quatro em cada dez navios planejados estão em serviço. Enquanto as três primeiras plataformas foram construídas canibalizando-se as classes *Akula* e *Oscar*, o *Knyaz Vladimir* (comissionado em 2020) marca o primeiro *Borei* totalmente novo, incorporando sistemas furtivos aprimorados e pode transportar 16 mísseis balísticos *Bulava* com um alcance de 5.000 milhas náuticas (PETERS, 2021).

Os SSN/SSGN da classe *Yasen* seguem o mesmo caminho. Embora o primeiro da classe *Severodvinsk* tenha demorado quase 18 anos para ser concluído, seu sucessor está previsto para ser entregue ainda neste ano, em 2023. Tal como os *Borei*, o segundo barco incorpora alterações significativas de desenho, resultando na sua classificação de *Yasen-M*. Os submarinos são equipados com Sistema de Lançamento Vertical (VLS) e podem transportar 32 mísseis de cruzeiro. Eles são comparáveis, em termos de irradiação de ruído, à classe *USS Virginia*, de tão silenciosos, e têm mais células VLS do que todos os outros submarinos, exceto os futuros *USS Virginia* Bloco V. Esses SSN/SSGN são capazes de transportar mísseis de cruzeiro hipersônico e as plataformas estão integradas em uma estratégia abrangente de segurança nacional que incorpora a atualização de recursos marítimos, aéreos, terrestres e espaciais em combinação com ataques de precisão de longo alcance (PETERS, 2021).

Paralelamente à renovação da sua marinha, a Rússia colocou esforços significativos nas suas capacidades em águas profundas. O *Belgorod*, comissionado em 2019 é um OSCAR-II SSGN transformado, o maior submarino atualmente em serviço no mundo, funcionará como uma plataforma de teste para novas armas submarinas, mas acima de tudo como uma navio-mãe para submarinos de bolso de mergulho profundo. Enriquecida por uma nova classe de navios de investigação de alto mar, a Rússia visa principalmente cabos submarinos. Numa fase inicial de um conflito, interromper estes cabos do adversário seria uma das principais táticas da Rússia. A escuta telefônica para obter vantagens operacionais é outra opção a ser considerada. Expostos no fundo do mar, estes cabos tornaram-se o principal meio de comunicação da era digital, transferindo cerca de 99% dos dados do mundo. Estes cabos são infraestruturas críticas para a segurança, prosperidade e bem-estar do Ocidente. Ser capaz de proteger e defender esta infraestrutura deveria ser uma prioridade máxima em qualquer estratégia marítima ocidental (PETERS, 2021).

O outro desafio estratégico é a China e a sua Marinha do Exército de Libertação Popular. Embora desafie principalmente a Marinha dos EUA, forçando-a a transferir os seus meios para atuarem no teatro do Pacífico, também gera consequências diretas para a OTAN e a EU, pois a transferência de atuação da esquadra dos EUA para o Pacífico deve ser compensada na Europa e no Atlântico Norte pelas marinhas europeias. A Marinha Chinesa passou por uma modernização e desenvolvimento impressionantes nos últimos 25 anos, tornando-a a maior marinha do mundo em termos de número de meios. Além de acrescentar mais capacidades expedicionárias, o seu objetivo principal é alcançar a superioridade no teatro de operações do Sudeste Asiático (PETERS, 2021).

Isto inclui também a aquisição de submarinos. Embora o pilar da Força de Submarinos da Marinha Chinesa seja o SSK, a China opera uma força de sete SSN e quatro SSBN com planos de expansão. Embora a análise atual dos EUA estime que até 2030 a força de SSK permanecerá constante em 55, a China pretende substituir os antigos e ruidosos SSK da classe *Kilo* e *Song* por unidades mais silenciosas e com maiores capacidades da classe *Yuan*, aumentando assim o valor operacional dos seus SSK. Paralelamente, os nucleares têm a previsão de expansão para treze SSN e oito SSBN (PETERS, 2021).

Estima-se que os submarinos nucleares chineses estejam bem aquém dos russos no que diz respeito às suas capacidades e na geração de ruído próprio. No entanto, o passado mostrou que a forma pragmática da China em lidar com a engenharia reversa, em combinação com a capacidade infinita da sua força de trabalho faz com que o desenvolvimento de seus projetos, com ciclos de inovação reduzidos sejam difíceis de prever e podem ser bastante curtos (PETERS, 2021).

Outra dimensão é acrescentada pelo aumento da cooperação entre os dois países. Ambos enfrentam sanções ocidentais rigorosas, que limitam o seu acesso à tecnologia de dupla utilização. A China dependia fortemente das vendas de armas e da transferência de tecnologia russas. A Rússia, por sua vez, enfrentou o desafio de fortalecer um adversário potencial para reforçar a sua própria economia fraca. Esta parceria por destino evoluiu para uma cooperação militar mútua e profunda que abrange todo o espectro de intensidade, incluindo até mesmo áreas sensíveis como a inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR). Oficialmente não rotulados como uma aliança, o seu relacionamento consiste em apoio mútuo, mesmo que seja quase inútil no apoio aos seus próprios interesses estratégicos. Alguns especialistas

argumentam que os laços sino-russos se tornaram tão estreitos que poderiam facilmente evoluir para uma coligação em tempo de guerra (PETERS, 2021).

A enorme expansão naval da China levou, portanto, a uma corrida armamentista submarina no Sudeste Asiático. Quase todas as nações da área investiram ou estão investindo na aquisição de capacidades submarinas ou na modernização da flotilha existente. Isto altera o pêndulo estratégico para todos os intervenientes na região, oferecendo tanto potencial para novas alianças como para conflitos emergentes (PETERS, 2021).

Apesar de alguns especialistas argumentarem que os saltos tecnológicos, como a utilização de big data²⁵, pelo menos alterem a importância estratégica dos submarinos, as tendências na aquisição global de submarinos indicam que os submarinos continuarão a ser o adversário de ponta no campo de batalha marítimo nas próximas décadas. Para sustentar isto com alguns números: hoje, apenas três Estados operam bombardeiros estratégicos e uma dúzia utiliza porta-aviões (em vários formatos), porém, mais de quarenta países utilizam submarinos. Isto leva à questão de como a tecnologia e as táticas da guerra antissubmarino terão de evoluir para acompanhar esta tendência (PETERS, 2021).

Embora as possibilidades do *big data* ainda tenham de ser consideradas como “poder”, há um fator de mudança que está prestes a alterar fundamentalmente a concorrência entre busca caçador e caça nos próximos anos: a introdução de sistemas não tripulados na guerra antissubmarino. A guerra antissubmarino clássica centra-se na detecção de um submarino adversário usando recursos montados no fundo do mar, no espaço ou na superfície. Após a detecção, o contato é repassado a uma aeronave de patrulha marítima para rastrear constantemente o submarino utilizando um grande número de sonobóias. Enquanto isso, navios de superfície e submarinos são direcionados para a área operacional estimada do submarino para finalmente enfrentar e derrotar o adversário. Se o contato for perdido neste processo, todo o jogo é interrompido e tem de ser reiniciado, com um custo enorme para quem tem a função de procurar. Como mostrado, a guerra antissubmarino tradicional sempre foi um esforço conjunto, se não combinado, que requer muita comunicação, integração e meios envolvidos. Como mostrado acima, todas as grandes marinhas ocidentais estão lutando com uma ordem de batalha (excessivamente) pequena e estão sobrecarregadas com uma infinidade de tarefas em

²⁵ Alta capacidade de processamento dos computadores.

todo o espectro de intensidade, deixando limitadas ou com nenhuma capacidade para guerra antissubmarino de grande escala (PETERS, 2021).

3.2 NOVAS AMEAÇAS

As novas ameaças abarcam os crimes transfronteiriços, o narcotráfico, e, principalmente, os ataques cibernéticos, que são capazes de impactar uma miríade de capacidades de um Estado, haja vista que todas as funções do cotidiano do ser humano estão cada vez mais informatizadas. As novas ameaças podem gerar a guerra Híbrida ou Guerra Não Convencional, que envolvem desinformação e métodos de guerrilha.

Em um futuro não muito longínquo, as novas ameaças podem realizar uma transposição de suas ações para o ambiente marítimo. Isso poderia ser feito por uma organização criminosa através do emprego de SSK, tendo em vista que já se utilizam de submarinos artesanais para o transporte de drogas para os mercados consumidores.

Assim, apesar de serem considerados como submersíveis por alguns autores, ou seja, com pouca capacidade de permanecer em imersão por longos períodos, os SSK, principalmente os com sistema de Propulsão Independente do Ar (AIP)²⁶, tais como o modelo alemão 212A, apresentam-se como formidáveis desafios para a guerra antissubmarino. Apesar de lhes faltarem as altas velocidades, a autonomia e o poder de fogo dos SSN, são silenciosos e de difícil detecção quando operando a cargo das baterias (OWEN, 2007).

Considera-se também uma potencialidade de autoria das novas ameaças os crimes ambientais que podem ser praticados contra determinado Estado. Os vazamentos de petróleo estão entre as principais causas de desastre ambiental no setor de energia. Três episódios marcam o histórico de casos brasileiros, o primeiro em 1975, o petroleiro *Tarik Iba Ziyad* que derramou cerca de 6 mil toneladas de petróleo cru na Baía de Guanabara; o segundo em 2000, quando o rompimento de um duto da Petrobrás vazou 1,3 milhão de litros de óleo combustível também na Baía de Guanabara; e, por último e o mais recente, em 2019, a fauna e flora do litoral de todos os estados do litoral do Rio de Janeiro ao Maranhão foram contaminadas pela chegada de óleo às praias litorâneas, com o primeiro acionamento do “Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional” (PNC), em

²⁶ Sistema a base de motores Stirling ou de células de combustível de hidrogênio e oxigênio.

que a Marinha do Brasil desenvolveu a operação “Amazônia Azul - Mar Limpo é Vida” para atender ao PNC, com emprego de pessoal e meios no combate ao óleo²⁷.

Destarte é importante considerar a possibilidade do uso de submarinos quer seja o artesanal, que transporta droga, ou até mesmo um mais sofisticado, munido do sistema de AIP, como um futuro vetor de organizações criminosas para perpetrar crimes ou ações terroristas nos domínios marítimos, seja contra infraestruturas críticas como cabos de comunicações submarinos ou contra uma instalação de produção de energia como um parque eólico marítimo ou uma plataforma de petróleo como veremos a frente. Outro ponto a se considerar é a tarefa árdua de monitoração da Amazônia Azul para reprimir os mal-feitos, como este do vazamento de óleo de 2019 e propiciar a atribuição de responsabilidade aos autores.

3.3 O AMBIENTE OPERACIONAL

No Anexo A observa-se que o Atlântico Sul é primordial para o sistema mundial de transporte marítimo, representado pelas LCM traçadas no mapa, que indicam a direção das rotas de comércio exterior dos Estados. E para proteger os interesses e riquezas da Amazônia Azul e do Entorno Estratégico a configuração de força de meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais podem ser empregados em quatro Campos de Atuação: Defesa Naval, na qual as ações e operações são desenvolvidas para a proteção dos interesses do país; a Segurança Marítima que realiza vigilância e patrulhamento das águas jurisdicionais, assim como nas atividades voltadas para a segurança do tráfego aquaviário; a Diplomacia Naval, que considera o papel da Marinha do Brasil nas relações exteriores; e finalmente o Apoio às Ações do Estado que visa o emprego do Poder Naval para atender situações excepcionais do País, assim como as atividades subsidiárias executadas pela Marinha em apoio e em coordenação com outros órgãos das esferas federal, estadual e municipal (MENEZES, 2023).

A guerra naval é conduzida tanto em mar aberto quanto próximo às costas dos continentes do mundo ou grandes ilhas. Apesar da imagem popular, a maioria das ações navais ocorreu não em mar aberto, mas perto das costas que fazem fronteira com o mar aberto e em mares adjacentes. A maioria dos naufrágios de navios mercantes alvejados por submarinos,

²⁷ Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/um-derramamento-de-oleo-e-os-desafios-para-protexao-da-amazonia-azul> e acesso em 19/08/2023.

bem como perdas submarinas, ocorreram perto de áreas focais de comércio marítimo, como em estreitos ou em canais, e nas proximidades dos principais portos comerciais. A razão para isso era que, em todas as épocas, as principais tarefas das marinhas eram fornecer proteção aos transportes e desembarcar tropas ou impedir a invasão inimiga do mar. Na era dos remos e das galeras, a velocidade, alcance e navegabilidade limitadas dos navios, combinados com curtos alcances de observação visual e armas de bordo, restringiam o emprego de combate de navios de guerra perto da costa. Foi apenas na era da vela que algumas ações foram travadas em mar aberto. Com o advento do vapor, a mobilidade estratégica da força foi inicialmente bastante reduzida, enquanto a mobilidade tática de uma esquadra aumentou significativamente. Na era do vapor, era notório ser mais fácil impedir uma força inimiga de atacar seu comércio perto da costa do que encontrá-la em mar aberto. Ainda hoje, apesar de todos os avanços nas plantas de propulsão, sensores e armas dos navios, a maioria dos encontros navais provavelmente ocorreria em relativa proximidade dos litorais do mundo (VEGO, 2009).

Em contraste com o oceano aberto, os litorais representam um ambiente único e muitas vezes difícil para as marinhas de águas azuis²⁸. As áreas litorâneas em geral são caracterizadas pela presença de forças amigas, inimigas e neutras. As águas e o espaço aéreo são confinados. As peculiaridades desse ambiente físico oferecem muitos desafios, mas também oportunidades, no emprego de forças navais e aeronavais. Em muitas áreas litorâneas, é comum operar na presença de defesas em camadas, possivelmente sofisticadas. O oponente mais fraco pode não operar da maneira que se imagina. O inimigo provavelmente também usaria respostas assimétricas para neutralizar ou mesmo anular as vantagens normalmente usufruídas por uma marinha de águas azuis. Portanto, uma marinha de águas azuis deve entender completamente todos os aspectos táticos e operacionais do ambiente e então elaborar conceitos para o emprego mais eficaz de suas forças (VEGO, 2009).

A profundidade da água do local de operação desempenha um papel fundamental no emprego de submarinos próximos à costa. Dependendo do tamanho do submarino, ele terá limitações de profundidade local para realizar a imersão e operar normalmente. (VEGO, 2009).

Dependendo da transparência da água em uma determinada área, um submarino pode precisar operar várias dezenas de metros abaixo da superfície para evitar sua detecção visual do

²⁸ Marinhas de grande porte que atuam em alto mar.

ar, por uma aeronave em missão de esclarecimento. Um SSK de tamanho médio deve ter cerca de 25 a 30 metros de água acima do ponto mais alto do casco, ou estar em cerca de 55 metros de profundidade, para uma navegação segura. A pouca profundidade da água também pode restringir ou mesmo impedir o emprego de torpedos pesados. Por exemplo, os torpedos antinavio de 21 polegadas normalmente requerem grandes profundidades para operação (VEGO,2009). Normalmente ao sair do tubo, o torpedo tende a sofrer uma queda, pois ainda não possui velocidade suficiente para sua sustentação na mesma profundidade de seu lançamento. Assim, ele necessita de uma determinada separação do fundo do mar, denominado Saco do Torpedo²⁹, para evitar um choque.

Em contraste com o mar aberto, onde a profundidade, a salinidade e a temperatura da água são os principais fatores que determinam a propagação do som na água, em um típico mar costeiro e profundo, o caráter mutável do fundo do mar e a proximidade e configuração da costa desempenham um papel dominante. Quando a velocidade do som varia com a profundidade, um canal de som ou duto é formado, porque todos os raios são refratados alternadamente para cima e para baixo. Então a energia sonora é retida no canal e a redução da intensidade com o alcance é consideravelmente menor. A condição que produz um canal sonoro nas camadas superiores dos oceanos é rara e pouco estável. No entanto, por causa do aumento da velocidade do som com a pressão, um permanente canal de som profundo é formado. Além disso, um canal ou duto ocorre sempre que o som viaja horizontalmente de uma fonte e é impedido de se espalhar verticalmente, se confinando dentro dos limites do canal. Alguns canais são formados com base apenas na estrutura de velocidade, ou seja, da refração, enquanto outros resultam de uma combinação de refração devido à estrutura de velocidade e reflexão da superfície ou limites do fundo do oceano (VEGO, 2009).

A propagação do som é geralmente difícil de se prever em águas rasas por causa das perdas causadas pelas múltiplas vezes que o som reflete do fundo do mar para a superfície e depois de volta para o fundo. A água rasa age como um duto e, portanto, os sonares ativos podem ter alcances de detecção maiores do que o normal, mesmo sob condições de gradiente negativo. A profundidade do alvo tem pouca influência na detecção e desempenho do sonar em águas rasas, especialmente os instalados a bordo de navios de superfície, devido às grandes

²⁹ Coluna d'água necessária para o torpedo adquirir velocidade e se estabilizar ao sair do tubo, para não se chocar com o fundo do mar.

variações e imprevisibilidade geral da temperatura do mar, salinidade, condições da superfície, marés, correntes, capacidade de reflexão do som e absorção causada pelo fundo e pelo ruído de fundo (VEGO, 2009).

Um grande influxo de água doce em muitos mares costeiros reduz consideravelmente a salinidade da água do mar. Por vezes, a estrutura da única saída do mar pode impedir a entrada de águas mais salgadas do mar adjacente. As variações na temperatura da superfície do mar e no conteúdo salino, quando combinadas com a pouca profundidade da água, causam grandes dificuldades no uso eficaz de sensores acústicos. Em geral, as condições do sonar em mares costeiros em latitudes geográficas mais altas são geralmente melhores no inverno do que no verão. No entanto, o estado do mar tende a ser maior no inverno, o que pode reverter essa condição, principalmente se o conjunto sonar operar em frequências mais altas. Enquanto no oceano aberto a estrutura de temperatura vertical da água é mais significativa do que a rugosidade da superfície do mar na determinação do desempenho do sonar, o oposto é verdadeiro em águas rasas. As condições do sonar em águas rasas são melhores à noite do que durante o dia, e melhores pela manhã do que à tarde, especialmente na primavera e no verão. Há, entretanto, pouca mudança nas condições do sonar entre esses extremos, se estiverem presentes (VEGO, 2009).

A transmissão do som em águas rasas é afetada principalmente pelas características e reflexão da superfície ou limites do fundo do oceano. A propagação do som é geralmente difícil de prever em águas rasas por causa das perdas. As principais limitações de desempenho dos conjuntos de sonar em águas rasas, principalmente os instalados a bordo de navios de superfície, devem-se às grandes variações e imprevisibilidade geral da temperatura do mar, salinidade, condições de superfície, marés, correntes, capacidade de reflexão sonora e absorção causada pelo fundo. O desempenho do sonar em águas rasas é muito influenciado pela forma como o fundo reflete e absorve as ondas sonoras. Geralmente, a perda de transmissão de som é menor acima de um fundo arenoso e liso, e maior acima de lama macia (que geralmente é um bom absorvedor de energia acústica). Um fundo rochoso espalha as ondas sonoras, resultando em fortes reverberações no fundo. Um fundo do mar composto de areia e lama tem características semelhantes às de um fundo rochoso. Rugosidade excessiva em um fundo do mar também causa uma diminuição significativa no nível de sinal de pico, a menos que o projetor do sonar seja não direcional e um pulso longo na emissão de som seja usado. Se o

fundo do mar reflete mal a energia acústica, assim como a lama, então o campo sonoro não difere significativamente daquele do oceano aberto sob condições refratárias semelhantes. A razão para isso é que o som refletido no fundo faz apenas uma pequena contribuição para o campo sonoro total (VEGO, 2009).

As marinhas de águas azuis precisam prestar mais atenção às características físicas dos litorais se pretendem empregar suas forças com mais eficiência nessas áreas marítimas. Obviamente, há uma enorme diferença entre operar em mar aberto e operar em águas muito mais próximas da massa continental. Mares fechados e semifechados apresentam ambientes especialmente difíceis para operações de grandes unidades de superfície e submarinos nucleares (VEGO, 2009).

3.4 RIQUEZAS A SEREM PROTEGIDAS

O direito soberano à exploração comercial dos recursos naturais minerários, energéticos e biológicos na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) encontra respaldo na Lei nº 8.617 de 1993. A legislação recepciona a Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (CNUDM), realizada em 1982 (em vigor a partir de 1994) e promulgada pelo Decreto nº 99.165 de 1990. Posteriormente, a Estratégia Nacional de Defesa (END), Decreto nº 6.703 de 2008, confirmou a necessidade de defesa das linhas de comércio marítimo e das plataformas petrolíferas que se encontram nas águas jurisdicionais brasileiras (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, os submarinos construídos pelo Programa de desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), criado em 2008, vêm contribuindo de forma substantiva para a concretização desses objetivos da END.

Os dados coletados pelos sistemas operacionais de monitoramento e processamento de bordo desses submarinos têm potencial para, em última instância, alimentar os sistemas nacionais de vigilância, como o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) e os demais sistemas constitutivos do Centro Integrado de Segurança Marítima (CISMAR).

O SisGAAz é parte do Plano Estratégico da Marinha 2040 que tem por objetivo monitorar e proteger continuamente os recursos aquáticos e costeiros. Para isso, a implantação de dispositivos eletrônicos ativos (e.g.: sensores acústicos, sensores ópticos e os veículos não

tripulados) permitirá acompanhar embarcações dos mais diversos tipos, monitorando o tráfego marítimo a longa distância. O conjunto articulado de sistemas de informações de defesa, abastecido pela grande quantidade de dados capturada por esses dispositivos e equipamentos, tem potencial para elevar o sistema de defesa nacional ao patamar de qualificação na categoria de indústria 4.0. Sendo assim, a coleta e o processamento desses dados serão capazes de incorporar de forma definitiva o conceito de Consciência Situacional Marítima (CSM) com o intuito de melhorar o processo de tomada de decisão.

De acordo com Coutau-Begarie (2010), o potencial de cobalto e níquel dos nódulos e reservas que recobrem a maior parte dos fundos oceânicos é doze vezes maior do que nos continentes. Os métodos convencionais de recuperação utilizados por países como França e EUA incluem os sistemas de aspiração ou recolhimento por baldes. Porém, para obter o ponto de equilíbrio econômico-financeiro, é preciso atingir a marca de 50 mil toneladas de nódulos por dia, deslocando 60 mil m³ de lama, correspondente a um comboio de vagões ferroviários de 26 km de extensão.

Embora a primeira fase da exploração de minério dos fundos marinhos tenha sido interrompida por razões de custo, os esforços para descarbonizar os sistemas de energia e de transporte em resposta às alterações climáticas estimularam um interesse renovado na mineração dos fundos marinhos. Os nódulos polimetálicos contêm concentrações extremamente altas de níquel, cobalto, cobre e manganês, que são elementos críticos necessários para baterias de veículos elétricos, sistemas de armazenamento de energia para apoiar a geração de energia eólica e solar e outras tecnologias associadas à descarbonização. Prevê-se que a procura destes elementos aumente consideravelmente nas próximas décadas, levantando preocupações de que a atual exploração em jazidas em terra é insuficiente para atender à demanda. Por exemplo, a Agência Internacional de Energia, em 2021, relata que, para cumprir as metas do Acordo de Paris, espera-se que a demanda por baterias, as quais viabilizam tecnologias de energia limpa, aumente mais de 40% para o cobre, 60-70% para o níquel e cobalto, e quase 90% para o lítio, apenas nos próximos 20 anos (LA TOURRETTE *et al.*, 2022).

3.5 HISTÓRICO DE CONFLITOS

A crise entre Brasil e França, conhecida como a Guerra da Lagosta ocorreu no início da

década de 1960 e envolveu a captura ilegal do recurso natural biológico por parte do país europeu em águas territoriais do nordeste brasileiro. Na versão popular, o verdadeiro propósito da incursão francesa ao Atlântico Sul teria sido camuflado como ‘pesquisa’ a respeito de viveiros de lagostas. Os pescadores foram orientados a deixar a área pela Marinha do Brasil e uma disputa diplomática teve lugar. Ambos os países se apoiavam em acordos internacionais ainda sem ratificação, enquanto debates pitorescos sobre o modo de locomoção e hábitos do crustáceo faziam parte da mesa de negociações (POGGIO, 2016).

Esse caso denota a importância do aprestamento do Poder Naval que pode ser instado ao emprego tempestivamente, e do reconhecimento dos acordos internacionais por ambas as partes, o que poderia auxiliar na mitigação da crise.

Outro histórico de conflito recente, que envolveu o emprego de SSN, foi o da Guerra das Malvinas. O RU sofria de cortes no orçamento de defesa que contribuiu para diminuir a dissuasão em relação aos seus oponentes. A Argentina em um arroubo de nacionalismo invade as Malvinas acreditando que o RU iria negociar. A negociação não ocorreu e o RU enviou uma Força Tarefa para retomar a ilha. Houve questões de comando e controle em relação ao emprego dos SSN, mas o RU consegue afundar o cruzador Belgrano (LOPES, 2012).

Depreende-se do conflito das Malvinas a necessidade de preparo de uma esquadra para a Defesa Naval, de ambos os lados e, novamente, de maneira intempestiva sem aviso prévio que possibilitasse algum preparo. Outro fator digno de nota foi o poder dissuasório desempenhado pelo *HMS Conqueror*, que transformou a Força Naval Argentina em uma Esquadra em Potência³⁰ após o torpedeamento do Cruzador Belgrano.

3.6 NOVAS TECNOLOGIAS

Referente aos sensores acústicos, o *big data* também poderia permitir a detecção de um submarino, comparando o ruído ambiente esperado da vida marinha, das ondas e dos eventos sísmicos com campos de ruído medidos, possivelmente identificando onde os sons estão a ser refletidos num submarino ou obscurecidos pelo seu casco. As técnicas emergentes de detecção não acústica também são muito promissoras. As possibilidades teóricas de detectar pequenas

³⁰ É um conceito naval de Julian Corbett que se refere a uma frota naval que, mesmo sem realizar operações ofensivas, consegue influenciar as ações do inimigo simplesmente pela ameaça que representa.

mudanças na superfície do oceano causadas por um submarino ou pelo rastro que ele deixa debaixo d'água têm sido amplamente reconhecidas desde a Guerra Fria, mas só agora foram implementadas (CLARK, 2015).

o consumo de energia e a modelagem oceanográfica foram aprimorados a ponto de essas abordagens poderem ser operacionalmente viável. Os métodos para detectar radiação ou produtos químicos emitidos por um submarino também datam da Guerra Fria e podem se beneficiar da sensibilidade acurada que o *big data* poderia proporcionar (CLARK, 2015).

Lasers e diodos emissores de luz (LED) podem dar suporte à guerra antissubmarino não acústica, refletindo a luz no casco do submarino, semelhante ao sonar ativo. Devido a limitações de material e controle computacional, as gerações anteriores desses sistemas só podiam operar em faixas de frequência nas quais a energia luminosa era altamente suscetível à atenuação (sendo transformada em calor) ou absorção pela água ou outras moléculas. Lasers e LEDs modernos, no entanto, podem ser sintonizados com precisão em comprimentos de onda nos quais a energia luminosa sofra perdas menores, aumentando seu alcance de detecção para distâncias operacionalmente úteis (CLARK, 2015).

3.7 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O que o conflito entre Rússia e Ucrânia tem mostrado é o uso de novas tecnologias concomitante com conceitos clássicos, respectivamente com o uso das ARP e da artilharia de combate. Um misto de novas tendências com velhos conceitos. Desta forma é possível traçar um raciocínio análogo com a guerra antissubmarino, de que o conceito novo virá irremediavelmente, porém a convivência do novo com o antigo ainda poderá permanecer por um tempo, desde que o antigo seja eficaz.

Os sistemas não tripulados com a rede de monitoração estarão tão presentes nas dimensões da superfície e aérea que o melhor lugar para se atuar furtivamente ainda será o ambiente submarino, mesmo com a presença de sistemas de monitoração no fundo dos oceanos, que deverão ter alguma ligação com terra. Explorando-se o fato de que nos últimos anos muitas marinhas fizeram a aquisição de submarinos, pode-se concluir que o futuro conflito a longo prazo será preponderantemente no ambiente abaixo d'água.

E embora o Atlântico Sul pareça ter um papel global secundário por estar distante das grandes potências, ele terá importância quando os recursos em outros lugares se tornarem escassos e quando seus países limítrofes se tornarem verdadeiras potências regionais.

No próximo capítulo, será explorado a instalação de um sistema de escuta submarina no início da Guerra Fria, para monitoração da arma que poderia trazer o holocausto nuclear.

4 O EMPREGO DO SUBMARINO NUCLEAR COM ÊNFASE NO SONAR

4.1 A IMPORTÂNCIA DO SONAR PASSIVO DE BAIXA FREQUÊNCIA

4.1.1 O Sistema de Vigilância Sonar

No início dos anos 1950, a Marinha dos EUA desenvolveu o *Sound Surveillance System* (SOSUS)³¹, um sistema de vigilância sonar com arranjos de hidrofones fixados no leito do oceano para prover uma cobertura constante da movimentação dos submarinos soviéticos. Os hidrofones eram ligados por cabos submarinos a estações de terra, conhecidos como Centros de Avaliação Regional. No início da operação do sistema percebeu-se que a monitoração de diferentes frequências dos ruídos irradiados pelos submarinos soviéticos poderia não somente ser usado para propósitos de detecção e localização, mas também, através do processamento de sinais, a frequência gerada poderia ser quebrada nas suas partes componentes e usada também para propósitos de classificação, tal como as comunicações transmitidas que também podem ser identificadas através de suas características. Um navio que gere ruídos pode ser reconhecido pelo tipo de som que produz, o maquinário de alta especificidade, por exemplo, irradia baixas frequências que podem ser reconhecidas como característica de diferentes classes de navios ou submarinos. Essas baixas frequências podem não ser distinguidas pelo ouvido humano, porém são traçadas pelo processador do sonar e exibidas em telas ou papéis de plotagem conhecidos como LOFARGRAMS³² (HENNESSY *et al*, 2015).

Inicialmente, a Marinha dos EUA tinha a intenção de usar o SOSUS para prover alarme antecipado dos submarinos hostis que adentrassem o Atlântico Norte ou o Pacífico Leste, e fornecer informações que pudessem ser usadas na guerra antissubmarino, pelas unidades engajadas nessa tarefa. O sistema funcionou muito bem no que se propôs inicialmente, no entanto, para ser utilizado na classificação de contatos, era necessário a criação de uma biblioteca de dados, fundamental como base comparativa para a classificação do contato, em meio aos ruídos de fundo do ambiente marinho considerado. Faz-se mister ressaltar que a qualidade da classificação dependeria do ajuste que o analista faria no processamento do sinal do equipamento sonar (SONTAG, 1998).

³¹ Sistema de Vigilância Sonar (em tradução do autor).

³² *Low Frequency Analysis and Recording diagram*: registro e análise de baixas frequências em uma apresentação tempo x frequência.

O sistema foi instalado inicialmente nas costas leste e oeste estadunidenses e, à medida que as potencialidades se apresentavam, como a capacidade de triangulação de contatos que determinava sua posição, o sistema foi sendo expandido até chegar ao Atlântico Leste e ao espaço entre a Groelândia, Islândia e RU, conhecido como GIUK. A participação do RU na disseminação das informações do SOSUS foi negociada pelos governos dos EUA e do RU e se concretizou nos anos 1970. O sistema foi responsável por detectar submarinos soviéticos que escoltavam os navios mercantes soviéticos, demandando o Atlântico Norte na Crise dos Mísseis de Cuba, em 1962. Foi a partir dos registros do sistema que os EUA encontraram e recuperaram o submarino classe Golf soviético, sinistrado em 1968, ao norte das ilhas havaianas, com mísseis balísticos a bordo, assim como também contribuiu para localizar o *USS Scorpion* que afundou a 400 milhas a sudoeste do Arquipélago dos Açores (HENNESSY *et al*, 2015).

O sistema não fornecia marcação e distância como em um sistema radar, era necessário trabalhar a informação para se depurar os dados. E a disseminação desses dados, que seriam passados às unidades engajadas na guerra antissubmarino contra o inimigo, deveria acontecer em no máximo duas horas, caso contrário seria em vão colocar uma aeronave de patrulha marítima no ar. O sistema também sofria de inoperância em alguns setores de cobertura devido a problemas de arrasto realizados por pescadores, que avariavam alguns hidrofones (HENNESSY *et al*, 2015).

Com a ameaça vindo das águas azuis com submarinos soviéticos armados com artefato nuclear, chegando ao auge em 1971, o Departamento de Defesa dos EUA (DoD) atribuiu à *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA)³³ uma missão singular: renovar as capacidades de guerra antissubmarino das forças dos EUA para rastrear os submarinos inimigos sob o oceano aberto, onde o SOSUS não possuísse cobertura. Na época, a Marinha norte americana já estava trabalhando no que se tornaria o *Surveillance Towed Array Sensor System* (SURTASS)³⁴, que será tratado mais adiante, no qual os navios de superfície rebocavam um longo cabo com uma série de hidrofones para escutar a atividade submarina. Problemas de telemetria e manipulação de dados limitaram muito os recursos do sistema (DARPA, 2023).

Foi quando a DARPA investiu recursos para modificar os sistemas de detecção sísmicas rebocadas projetadas pela indústria de petróleo para que pudessem detectar o movimento de

³³ Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (em tradução do autor).

³⁴ Sistema de Vigilância de Arranjo de Sonares Rebocados (em tradução do autor).

um submarino. Cientistas financiados pela DARPA iniciaram experimentos nas profundidades empregadas pelos submarinos e logo geraram resultados que superaram as expectativas. Em 1981, o DoD aprovou a produção de um modelo SURTASS aprimorada. O sistema que seria aprimorado por meio de ferramentas computacionais de ponta, conexões de dados baseadas em satélite e redes de computadores, se tornaria o método prioritário da Marinha dos EUA para rastrear submarinos soviéticos pelo restante da Guerra Fria. Em 1985, o secretário da Marinha John Lehman estava tão confiante na capacidade de sua força de manter o controle sobre os SSNB soviéticos que chegou a afirmar que, caso a Guerra Fria esquentasse, ele atacaria os submarinos soviéticos nos primeiros cinco minutos da guerra (DARPA, 2023).

4.1.2 Sistema de Vigilância de Arranjo de Sonares Rebocados - SURTASS

Sonares Rebocados Passivos tiveram um importante papel na estratégia da guerra antissubmarino, na Guerra Fria. Dados dos sonares rebocados passivos dos submarinos e navios da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) foram utilizados para criar a rede chamada de *Surveillance Towed Array Sensor System – Low Frequency Active (SURTASS-LFA)*³⁵, a qual usava os sinais de baixa frequência gravados para um banco de dados a fim de aprimorar a capacidade de detecção e classificação dos contatos (OWEN,2007).

Esses dados eram armazenados no *Acoustic Research Center*³⁶ na Califórnia e depois no *ASW Center Command and Control System*³⁷ da Marinha norte-americana para prover um quadro de movimentação de submarinos pelo mundo, além de dados táticos locais para o *Integrated Undersea Surveillance System (IUSS)*³⁸ (OWEN,2007).

4.1.3 O Sonar Passivo Rebocado nos submarinos no RU e EUA

No fim dos anos 1970 um novo item de tecnologia foi introduzido no serviço de submarinos do RU para detectar, classificar e acompanhar os submarinos soviéticos. Era o *Towed Array Sonar (TAS)* do inglês, Arranjo de Sonar Rebocado³⁹. Assim como os submarinos

³⁵ Sistema de Vigilância de Arranjo de Sonares Rebocados – Baixa Frequência Ativo (em tradução do autor).

³⁶ Centro de Pesquisa Acústica (em tradução do autor).

³⁷ Centro de Comando e Controle do Sistema de Guerra Antissubmarino (em tradução do autor).

³⁸ Sistema Integrado de Vigilância de Submarina (em tradução do autor).

³⁹ Em tradução livre do autor.

dos EUA e RU, os submarinos soviéticos também estavam se tornando cada vez mais silenciosos, porém os submarinos do ocidente sempre foram mais silenciosos que os russos. Para se manter essa liderança, algo teria que ser feito. O TAS consistia em um longo cabo flexível, de fluabilidade neutra, que fazia movimentos de serpenteio, com hidrofones dispostos ao longo de seu comprimento em intervalos de 30 metros ou mais. Era rebocado na mesma profundidade do submarino. Os arranjos têm por vezes quilômetros em comprimento para interceptar grandes comprimentos de ondas de sinais irradiados de navios e submarino do oponente de muito baixa frequência (HENNESSY *et al*, 2015).

Em 1977, percebendo a importância de trazer o TAS para o Serviço de Submarino⁴⁰ do RU, de maneira rápida, foi desenvolvido um *sonar Suite 2024*, consistindo em um TAS do RU alimentado por um processador de sinal comercial de um fabricante dos EUA. Embora este sonar intermediário significasse um avanço, tinha uma capacidade de vigilância periférica limitada, apresentação de dados pobres e pouca conectividade com os demais equipamentos do Compartimento do Comando. Um novo projeto para desenvolver um TAS com um processador de sinal avançado seria o *sonar suite 2026*, que já havia sido iniciado. Além de explorar os avanços da tecnologia de processamento, este novo TAS seria especificamente projetado para passar seus registros ao sistema de tratamento do banco de dados (HENNESSY *et al*, 2015).

Com o uso do TAS a ênfase da detecção dos contatos passa a ser da análise de *Broadband*⁴¹, para *Narrowband*⁴², que o TAS conseguiria detectar a grandes distâncias. Ruídos irradiados de equipamentos do interior do submarino como bombas de resfriamento do reator e geradores, conhecidos como “tonais”, seriam usados para auxiliar na classificação de contatos. Esses ruídos também seriam usados para determinar o rumo, velocidade e distância dos contatos, por meio da Análise de Movimento de Alvos (AMA). O domínio do uso do TAS e da AMA requer considerável habilidade e perícia. Submarinistas com bom retrospecto em matemática, física e química tinham facilidade quando lidavam com fórmulas matemáticas complexas associadas com acompanhamento de contatos em banda estreita. Por outro lado, os que tinham dificuldades com matérias exatas levavam muito tempo para se familiarizarem com

⁴⁰ Serviço de Submarinos: como o RU denomina a sua Força de Submarinos.

⁴¹ *Broadband*: banda larga (em tradução do autor) refere-se a uma ampla faixa de frequências.

⁴² *Narrowband*: *banda estreita* (em tradução do autor) refere-se a uma banda estreita de frequências.

os cálculos (HENNESSY *et al*, 2015).

O TAS, significativamente, aumentou a performance dos submarinos nucleares do RU e propiciou ao Serviço de Submarinos novas possibilidades de detectar os submarinos soviéticos. O primeiro sistema de TAS, o tipo 2024, foi instalado nos submarinos da classe *Swiftsure* no início de 1977. Uma das primeiras experiências de ganho operacional com o novo equipamento ocorreu durante o exercício *Agile Lion*, no período de janeiro a março de 1977. Depois de realizar um exercício com outros dois submarinos do RU, o Submarino *HMS Sovereign* demandou um ponto de encontro com unidades da Marinha dos EUA para acompanhar o trânsito de um Submarino soviético, mais tarde identificado como um SSGN da classe Charlie. O TAS permitiu ao *HMS Sovereign* detectar o classe Charlie a uma longa distância, bem antes de passar o acompanhamento para o submarino dos EUA. O *HMS Sovereign* acompanhou o submarino soviético por 62 horas, percorrendo 707 milhas, sempre posicionado na aleta de boreste do classe Charlie. Em determinado momento, o *HMS Sovereign* deu início a experimentos táticos para melhorar o acompanhamento e obter informações do alvo, usando amplamente o TAS que ainda não havia sido testado. Os operadores do *HMS Sovereign* rapidamente descobriram que a precisão das marcações da banda estreita no TAS era bem melhor se comparado com a obtida pelo sonar passivo de casco padrão. Segundo relatos da tripulação, apesar da aparente simplicidade do trânsito do alvo, o esforço necessário para manter o contato sem ser contra detectado por horas tem de ser reconhecido. Técnicas de acompanhamento foram desenvolvidas para manter o submarino do RU no arco cego de popa do submarino russo e ainda manobrar para se manter na alheta, sempre que o contato guinava ou clareava o seu arco de popa. Foi considerado vital que o Submarino do RU não fosse contra detectado e o desejo de obter dados de inteligência acústicos a curtas distâncias foi inicialmente sustado por esta razão (HENNESSY *et al*, 2015).

O TAS foi tão efetivo nos submarinos do RU que, ocasionalmente, submarinos soviéticos eram detectados enquanto os testes eram conduzidos no mar. Em janeiro de 1978, o HMS *Swiftsure* conduzia uma avaliação do sonar tipo 2024 em um exercício denominado *Six Bells* em uma área a oeste da Irlanda com o *HMS Churchill*, designado como alvo. Logo após o início do exercício o *HMS Swiftsure* detectou um provável SSK soviético e interrompeu o exercício para conduzir o acompanhamento por um período de 18 horas, e depois intencionalmente, quebrar o contato (HENNESSY *et al*, 2015).

Os EUA também estavam conseguindo considerável sucesso com os seus próprios TAS. Em março de 1978, o *USS Batfish* equipado com TAS de 1.000 pés de extensão, interceptou um SSBN soviético da classe *Yankee* no mar da Noruega e o acompanhou por 51 horas quando perdeu o contato durante uma tempestade severa. Após dois dias, o contato deste mesmo *Yankee* foi restabelecido entre a Groenlândia e as Ilhas *Faroes* por uma Aeronave de Patrulha Marítima P3 *Órion* dos EUA, que havia decolado para investigar um contato da rede SOSUS. Assim que o *USS Batfish* restabeleceu o contato com o *Yankee*, o acompanhamento durou 44 dias ininterruptos, o maior acompanhamento de um classe *Yankee* conduzido por um submarino dos EUA que se tem notícia. O *USS Batfish* observou que o *Yankee* navegou 8.870 milhas, e durante sua patrulha houve uma fase de 19 dias de alerta a 1.600 milhas da costa dos EUA, distância limite do alcance dos 16 mísseis balísticos RSM-25 e R-27U transportados a bordo. Toda a comunicação de inteligência entre as estações de terra e os submarinos dos EUA e do RU fluíam pelo *Submarine Satellite Information Exchange System*⁴³ (SSIXS) (HENNESSY *et al*, 2015).

É relevante mencionar as limitações de cobertura do dispositivo do TAS, pois há um arco cego na proa e na popa em torno de 30°. Sua cobertura se dá nos 120° de cada flanco. Desta forma o acompanhamento de um contato deve ser descasado em rumo, em pelo menos de 30°, de maneira que ao longo da derrota o submarino que realiza o acompanhamento deverá efetuar um zigzague a fim de não abrir distância do contato.

Outro fator primordial, que cabe ser ressaltado é o uso das comunicações satélites para possibilitar o fluxo das informações disponibilizadas pelo SOSUS, por meio de transmissões aos submarinos engajados na guerra antissubmarino, desde que não comprometesse a sua discrição.

No início dos anos 1980 as Marinhas do ocidente que operavam SSN pareciam estar 10 anos à frente dos soviéticos em termos de sonares, armamento e redução de ruído. A primeira vez que essa situação começou a se inverter foi no lançamento do primeiro SSN da classe *Akula*, em 1984. Este SSN com deslocamento em torno de 10 mil toneladas, carregava sofisticados sonares, desenvolvia velocidade de até 35 nós e era extremamente silencioso. Normalmente, devido ao fluxo da água no casco, quanto maior a velocidade do submarino, mais ruidoso ele se

⁴³ *Submarine Satellite Information Exchange System*: Sistema de Intercâmbio de Informações Satelitais para Submarinos (tradução deste autor).

torna, desta forma não é possível navegar a altas velocidades e ao mesmo tempo manter um bom quadro de escuta dos contatos. Por isso, desenvolveu-se a tática de vigilância em patrulha que geralmente consistia-se em cobrir longas distâncias, em altas velocidades, seguida de uma quebra para uma curta corrida de escuta em baixas velocidades, para atualização dos contatos da área a fim de compilar o quadro tático e fornecer a consciência situacional necessária (OWEN, 2007).

Diante desta evolução do oponente, as marinhas do ocidente tiveram que desenvolver sonares que pudessem detectar esse silencioso submarino soviético. A solução foi utilizar um antigo sonar rebocável da década de 1970 que consistia em um longo cabo com arranjo de hidrofones de mil jardas de comprimento que poderia ser instalado na popa, tanto dos submarinos quanto dos navios de superfície engajados na guerra antissubmarino. A principal vantagem era que este arranjo permitia a detecção de contatos com um sensor a grande distância da unidade, livrando a detecção dos ruídos próprios da esteira e do maquinário da unidade, estando, portanto, em uma posição vantajosa para detectar ruídos de baixa frequência emitidos por novos submarinos silenciosos. Antigos sonares passivos montados no casco do submarino eram capazes de detectar antigos submarinos soviéticos a distâncias de 10 a 20 mil jardas, mas esta distância efetiva foi reduzida com os novos submarinos silenciosos. Sonares passivos rebocados eram efetivamente muito mais sensíveis e, com o seu uso, as distâncias de detecção foram novamente aumentadas (OWEN, 2007).

Usando-se técnicas avançadas para processamento de dados, sonares passivos rebocados são capazes de detectar contatos relativamente silenciosos a distância de 100 milhas ou mais. Para melhor resultado desse dispositivo, ele deveria ser rebocado o mais distante possível da unidade rebocadora (OWEN, 2007).

Quando o submarino suspende para uma patrulha, para sobre máquinas em uma área abrigada e aguarda a aproximação de um navio auxiliar que passará o dispositivo para ser conectado na popa do Submarino. Uma vez instalado, o dispositivo só será retirado quando da volta do Submarino para o Porto. A instalação do dispositivo cobra um preço, devido as restrições de manobra ao submarino devido, a necessidade de o sonar rebocado ter de estar totalmente esticado e estabilizado para poder operar apropriadamente fornecendo informações fidedignas (OWEN, 2007).

A experiência deste autor sobre operações de sonares passivos nos submarinos

brasileiros da classe Tupi e Tikuna aponta para os fatos revelados acima. Muito embora os submarinos brasileiros não possuíssem sonares da dimensão do TAS, somente arranjos cilíndricos e placas de hidrofones de dimensões limitadas pelo desenho do casco do submarino. Ainda assim, a teoria se comprova. Os sinais de baixa frequência revelavam o tipo de maquinário do contato, se havia presença de turbinas ou de motores a diesel, na análise do LOFARGRAM, que também é responsável por obter a assinatura acústica do contato, o que possibilitaria a classificação de acordo com a biblioteca sonar. O próximo item tratará da teoria sobre os diferenciais das análises em banda larga e banda estreita.

4.1.4 Banda Larga e Banda Estreita

Os sistemas de sonar passivo investigam o espectro total do ruído irradiado dos contatos, usando técnicas de banda larga e banda estreita. Os sonares de banda larga examinam a energia total em uma ampla faixa de frequência, geralmente dividida em oitavas. As equações de sonar de banda larga indicam que o desempenho melhora com o aumento da largura de banda (WAITE, 2002).

Os sonares de banda estreita dividem a energia total em células de análise de frequência estreitas para procurar linhas irradiadas discretas. As equações de sonar passivo de banda estreita indicam que o desempenho é melhorado pela redução da largura de banda de análise. O ruído de banda larga de um hélice pode ser modulado em amplitude nas frequências fundamentais e harmônicas do número de pás. Uma técnica conhecida como DEMON⁴⁴ explora isso por análise de banda estreita sobre a banda que cobre essas frequências de modulação (WAITE, 2002).

O ruído irradiado por uma embarcação existe como um espectro contínuo, no qual são sobrepostos componentes discretos de banda estreita, conhecidos simplesmente como linhas ou tonais. Tanto os componentes contínuos, quanto os discretos, diminuem de intensidade à medida que a frequência aumenta. Ruído de maquinário e ruído de hélice dominam os espectros de ruído irradiado na maioria das condições. A extremidade de frequência mais baixa do espectro é dominada por linhas de máquinas e linhas de números de pás do hélice. Essas

⁴⁴ *DEModulation and MONitoring*: demodulação e monitoramento (em tradução do autor) que é um método utilizado para se descobrir a configuração eixo e pá dos contatos, assim como as rotações.

linhas desaparecem com o aumento da frequência e ficam escondidas no espectro contínuo do ruído do hélice e do maquinário. À medida que a velocidade de uma embarcação aumenta, o espectro contínuo aumenta de intensidade e se estende a frequências mais baixas (WAITE, 2002).

Por permitirem um conhecimento detalhado do ruído irradiado da ameaça, os sonares de banda estreita fornecem bons recursos de detecção e classificação. Como tonais proeminentes são irradiados em frequências comparativamente baixas, particularmente por submarinos, a precisão da marcação é limitada quando comparada com sonares de banda larga operando em frequências mais altas, onde os feixes são mais estreitos e as técnicas de correlação podem ser empregadas para melhorar ainda mais a precisão da marcação (WAITE, 2002).

As informações sobre o ruído irradiado de embarcações militares, particularmente submarinos e torpedos, são altamente classificadas e o estudo nessa área é sensível e deve se levar em consideração consultas a literatura classificada para detalhes de níveis e frequências de tonais irradiados de embarcações modernas (WAITE, 2002).

Sinais de banda estreita são exibidos em um formato conhecido, por razões históricas, como LOFARGRAM, como já visto, onde as saídas de todos os feixes ou de um grupo selecionado de feixes são exibidas em um formato de frequência vs tempo. Os LOFARGRAMS contêm informações que, para o operador qualificado, podem auxiliar na classificação e análise do AMA (WAITE, 2002).

Um típico arranjo rebocado compreenderá várias centenas de hidrofones, juntamente com circuitos eletrônicos para pré-amplificar, mostrar e digitalizar suas saídas. Os hidrofones são encerrados em uma mangueira de plástico, preenchida com líquido para obter flutuabilidade neutra no mar. O arranjo de várias centenas de metros comprimento é rebocado na velocidade do rebocador e a profundidade de operação desejada. Um módulo de isolamento de vibração reduz as vibrações do navio rebocador que são transmitidas pelo cabo, que de outra forma aumentariam o ruído do dispositivo. A montagem é completada por uma cauda cujo objetivo é fornecer algum arrasto ao arranjo para que seja mantido razoavelmente esticado (WAITE, 2002).

Na prática, a matriz terá curvatura significativa, o que afetaria as formas do feixe, a

menos que corrigida no formador de feixe. Por isso, sensores de direção são colocados em intervalos dentro da matriz e suas leituras usadas para corrigir a sua curvatura (WAITE, 2002).

Face ao exposto, depreende-se que a análise em banda larga abrange uma faixa mais ampla do sinal recebido, para uma identificação genérica, sendo possível dizer o tipo de contato, se navio mercante, pesqueiro ou navio de guerra. Enquanto a análise do sinal em banda estreita proporciona uma alta resolução de uma frequência específica, que auxilia na identificação dos tonais específicos disponíveis, e havendo correlação desses tonais com a biblioteca sonar, haverá classificação do contato com relativa precisão, após a análise em banda larga.

4.1.5 O Sonar Passivo Rebocado nos Submarinos da França

O sistema de TAS operado inicialmente pelos franceses da MNF também foi oriundo das pesquisas de reservas petróleo e foi instalado em um SSK da classe *Agosta*. Este sistema foi denominado de *Calèche*, o que tornou possível desenvolver o DSUV 61 e depois o DSUV 62 no início dos anos 1980, que abrangia os ruídos de baixa frequência, chamado pelos franceses de *Ecoute de Très Basse Fréquence* (ETBF)⁴⁵. O primeiro manual de emprego do procedimento só ficou pronto em 1990, na *Escadrille des Sous-Marins Nucléaires d'Attaque*⁴⁶ (ESNA). A partir de então, o objetivo foi de expandir a gama de frequência, o mais baixo possível, o que levou a criação dos arranjos de *Ultra Basse Fréquence* (UBF)⁴⁷. O motivo da pesquisa e do desenvolvimento do sistema foi devido à consciência do ganho operacional na detecção em baixa frequência na guerra antissubmarino. No fim dos anos 1970, a MNF estava totalmente focada na implementação de uma dissuasão soberana, com a primeira patrulha do SSBN em 1972, sendo concentrado muitos esforços para aumentar a credibilidade da arma, com a detecção ETBF, além da utilização de aeronave de patrulha marítima e *Actif Très Basse Fréquence*⁴⁸ (APÊNDICE I).

Os estudos teóricos da UBF se deram de 2000 a 2005, as primeiras coletas de dados de 2006 a 2008 de modo experimental, os primeiros testes em um SSN francês em 2013 e

⁴⁵ Escuta de muito baixa Frequência (em tradução do autor), em modo passivo.

⁴⁶ Esquadrão de Submarinos Nucleares de Ataque (em tradução do autor).

⁴⁷ Ultrabaixa Frequência (em tradução do autor).

⁴⁸ Ativo em frequência muito baixa (em tradução do autor), escuta em modo ativo.

finalmente o emprego em operação em 2014. É interessante notar o caso do projeto do SSN *Sufren*, 40 anos depois. No momento de se especificar as necessidades do projeto, o TAS foi suprimido e incluído uma medida de precaução da possibilidade de ser instalado no futuro. O projeto do SSN *Sufren* é de meados dos anos 2000 e a MNF tinha a perspectiva dos arranjos de flanco (FA)⁴⁹, que foram instalados no SSN *Saphir* em 2005, pelo sistema *clip-on, clip-off*. Confiante de que o FA seria suficiente para as detecções que se fizessem necessárias, o TAS foi deixado de fora do projeto. A utilização do FA nos SSN da classe *Rubis* na década de 2010 permitiu entender que o ETBF e posteriormente o UBF permanecia um fator inegável de superioridade na detecção de contatos silenciosos. Desta forma, a decisão foi de instalar o TAS no SSN da classe *Sufren* no ano passado (APÊNDICE I).

Os TAS, na MNF, foram desenvolvidos para os SSBN pelos motivos acima discorridos. E era imperativo para se garantir a invulnerabilidade do submarino estratégico, os SSBN, em patrulha, possibilitando à nação a capacidade da teoria do segundo ataque (APÊNDICE I).

Outro fator interessante é a forma como o sistema foi desenvolvido. O SSK da classe *Agosta*, e mais tarde os SSN para o sistema UBF, unidades nas quais os sistemas foram testados, serviram como ensaio para os engenheiros da empresa responsável pelo sistema, de maneira que a evolução do sistema não foi a partir do que o engenheiro projetara, mas sim um aprimoramento do que já estava funcionando nas mãos dos operadores dos submarinos. Foi o oposto do que normalmente acontece em um teste em que o engenheiro decide o que fazer. O bom resultado do sistema se deve experiência dos operadores no uso do UBF durante as milhares de horas de imersão desde 2013 e que agora foi instalado nos SSBN, assim como aconteceu na década de 1980 para o ETBF (APÊNDICE I).

A virtude dessa reaproximação com os engenheiros gerou três benefícios. O primeiro, o de ter um equipamento pronto para o combate, no momento da entrega, uma vez que foi testada e utilizada por muito tempo no mar. O segundo, o de iniciar a coleta dados para biblioteca sonar do órgão responsável em terra. O e o terceiro, o de desenvolver doutrina de operação do equipamento ao se descobrir as novas funções disponíveis (APÊNDICE I).

Em relação aos operadores do sistema, que são denominados de analistas, a formação é longa. Depois de serem selecionados dentre vários operadores de sonar com experiência, fazem

⁴⁹ Do inglês *Flank Array* (em tradução do autor).

um curso de dois anos para se formarem como analistas, no *Centre d'Interprétation et de Reconnaissance Acoustique* (CIRA)⁵⁰, órgão responsável pela formação e pela biblioteca sonar. A Análise não é feita somente pelos analistas. Toda a equipe sonar participa e esta só irá gerar uma classificação sonar se o contato for relacionado com a biblioteca. Por isso, a biblioteca é tão valiosa. O corolário é que é necessária uma capacidade de análise de terceiro nível em terra, pois nem tudo pode ser realizado a bordo já que são necessários computadores de alto processamento e tempo para se esmiuçar o sinal. Esta também é uma tarefa do CIRA, que tem feitos muitos avanços nesse tema ultimamente (APÊNDICE I).

Assim, pode-se salientar que, por questões políticas e atreladas às relações com a OTAN, no contexto da Guerra Fria, a França resolveu construir seu próprio SSBN, o *Le Redoutable*, antes dos SSN, pois era imperativo ter a deterrência nuclear marítima independente. O SSBN foi lançado ao final de 1971 e a primeira patrulha se deu em 1972, mesma época em que os EUA e RU iniciaram os testes com os respectivos TAS.

4.2 O EMPREGO DO SCAPN BRASILEIRO

Para enfrentar os desafios do restante do século XXI no tocante à guerra antissubmarino e a guerra antissuperfície, para o Comandante Nick Harrap, oficial do Estado-Maior do Serviço de Submarino do RU, o SCAPN deve possuir sete virtudes ofensivas (HENNESSY *et al*, 2015).

A primeira seria a **flexibilidade**⁵¹, tida como a capacidade de mudar de configuração quase que instantaneamente, sem necessidade de reconfiguração ou mudanças de equipamento nem de pessoal. Nenhum arranjo deve ser necessário para dar suporte à Defesa Nacional. O submarino sofre apenas limitação em comunicações, quando as janelas para se comunicar com um grupo tarefa, por exemplo, são definidas. As janelas devem ter um limite de duração para expor o submarino o mínimo possível, principalmente se relacionado a provisão de informações e instruções sobre um lançamento de míssil de cruzeiro do submarino (HENNESSY *et al*, 2015).

A segunda seria a **mobilidade**, que faz com que os SSN sejam capazes de desenvolver,

⁵⁰ Centro de Interpretação e de Reconhecimento Acústico (em tradução do autor).

⁵¹ O emprego dos termos em negrito nos parágrafos seguintes pretende salientar as capacidades da arma submarina.

relativamente, altas e constantes velocidades, por longos períodos, de maneira independente da superfície e sem necessidade de um suporte logístico. Esta capacidade possibilita, se considerarmos uma velocidade de avanço de 20 nós, navegar 480 milhas por dia, se necessário. Esta capacidade o habilita a fazer parte de um grupo tarefa e prestar o apoio necessário, seja de escolta ou de reconhecimento (HENNESSY *et al*, 2015).

A terceira seria a **ocultação** ou **furtividade**, que consiste na habilidade do submarino em operar independentemente da superfície, sob ameaça de um inimigo, não importando quem exerça o controle da área marítima ou a superioridade aérea. A furtividade lhe proporciona a possibilidade de conduzir operações em conjunto com forças de operações especiais, o que representa um fator multiplicador de forças. Acrescenta-se que a simples presença da ameaça submarina tem um papel coercitivo considerável que não deve ser subestimado (HENNESSY *et al*, 2015).

A quarta seria a **resistência**, que indica que não há necessidade ou dependência de autoridades externas para apoio ou retirada de pessoal, se houver mudanças da situação em uma determinada área. Todo suporte a vida pode ser provido por bordo, de uma maneira contínua. Em combinação com a mobilidade e a furtividade, esta capacidade provê grandes alcances e autonomia para assegurar escolhas políticas e militares em planejamentos de operações e sua execução. As únicas limitações são gêneros, víveres e armamento (HENNESSY *et al*, 2015).

A quinta seria o **alcance**, que garante ao Poder Naval o acesso a grandes áreas marítimas. Neste aspecto o SSN é capaz de levar esse conceito mais a frente e explorar o ambiente por completo, incluindo áreas não acessíveis a outras forças e regiões limítrofes com o gelo e sob calota polar. Isto possibilita uma variedade de operações de emprego no tempo e no local de escolha que pode variar de uma simples presença ou uma entrega seletiva atrás das linhas inimigas, não importando quem domine o espaço de Batalha (HENNESSY *et al*, 2015).

A sexta seria a **autonomia**. Esta virtude abarca a habilidade de operar sozinho e sem suporte de direção e comando, de acordo com o antecipado nas Regra de Engajamento. O SNN é capaz de prover autoproteção e ofensividade sem assistência de outras unidades (HENNESSY *et al*, 2015).

Por fim, a sétima seria o **poder de impacto**, que depende da determinação do Centro de

Gravidade do inimigo, que será dado através de dados de inteligência e provisões de indicações precisas contra alvos de em terra, com o emprego de míssil de cruzeiro, ou de unidade de maior valor no mar, em caso de uso de torpedo (HENNESSY *et al*, 2015).

Todas as virtudes ou capacidades listadas acima são permeadas pela boa prática de utilização do equipamento sonar, principalmente no modo passivo nas análises de sinais ou ruídos de baixas frequências. Isto posto, o quadro abaixo confeccionado pelo autor relaciona comparativamente as possibilidades dadas ao SCAPN portando ou não um sistema de TAS, levando-se em consideração que o projeto inclui o FA:

Requisitos	SCAPN com TAS	SACPN sem TAS
Autoproteção	Se torna mais eficaz, com grande capacidade na guerra antissubmarino, com grande poder de discriminação do nível sinal/ruído, em um ambiente com muitos ruídos de fundo.	Depende da análise realizada no FA. O TAS também pode reduzir as chances de uma colisão com outro submarino ou com contato muito silencioso, no retorno a cota periscópica.
Exposição	Limitaria sua exposição para receber comunicações de posicionamento da Força Naval de interesse, já que o TAS tem grandes alcances e possibilitaria uma compilação do quadro tático.	Se o FA não oferecer grandes alcances, deverá se expor mais para estabelecer comunicações para compilação de quadro tático.
Manobrabilidade	Restrição a guinadas muito fechadas, e necessidade de um determinado tempo estabilizado no rumo para voltar a apresentar informações fidedignas.	Sem restrições de manobra.

Quadro I – Avaliação de requisitos do SCAPN com ou sem TAS (Fonte: autor).

4.3 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A experiência de emprego do TAS nas marinhas ocidentais, que operam submarinos nucleares, demonstra que sua implementação se deu principalmente devido aos fatores da Guerra Fria, ocasião em que era de vital importância proteger ou diminuir a vulnerabilidade dos

SSBN, responsáveis pela deterrência nuclear marítima, por questões estratégicas à época. No entanto passada a Guerra fria, nenhuma dessas nações parece renunciar a tal ferramenta que incrementa a capacidade de detecção dos submarinos em termos de distâncias e discriminação sinal/ruído em ambientes ruidosos, além de possibilitar a classificação do contato, a partir de um banco de dados rico que possibilite uma biblioteca sonar crível.

O estudo não entrou no mérito orçamentário do valor de implantação de um sistema de TAS, mas tendo-se em vista o valor estratégico de um SCAPN para a defesa dos interesses de uma nação, como um elemento de seu Poder Naval, conclui-se que um sistema que deriva de um aparelho de pesquisas sismográficas comercial, é passível que seu valor não seja exorbitante ou que o item não possa ser nacionalizado.

Por outro lado, levando-se em conta os períodos necessários aos testes e à formação dos analistas, talvez essa formação e experiência seja a parcela mais onerosa. Assim como o investimento em capital humano foi significativo no projeto de propulsão nuclear da Marinha dos EUA, liderado pelo Almirante Rickover, que estabelecia sua entrevista inicial do candidato ao projeto, como fundamental para a seleção, a formação do analista sonar também guarda similaridade com a do projeto da propulsão nuclear, pois é demorada e exige talentos relacionados com meticulosidade, atenção e habilidades matemáticas, para o sucesso do projeto. Observa-se também que os dados ou informações detalhadas sobre a formação de pessoal, como os analistas e das nuances da classificação a partir dos tonais são consideradas como segredo de estado e classificadas como sigilosas.

Desta forma, analisando-se o quadro comparativo do SCAPN com e sem TAS, comprova-se que há respaldo para se justificar a instalação.

5 PROPOSTA

A questão colocada na Introdução deste trabalho, sobre se o SCAPN deveria ser dotado de um TAS, recebe um outro questionamento estruturante que, na verdade, é derivado dela, que seria: como se chegou ao uso do TAS nos SSN e SSBN das Marinhas do Ocidente?

A resposta a essa segunda questão surge com a necessidade dos EUA de estender a monitoração da rede SOSUS além da sua limitação física, uma vez que a rede é composta de estações fixas. Em tempos de Guerra Fria, com o fantasma do holocausto rondando a sociedade norte americana, todo o esforço para se saber onde estariam os SSBN da Ex-URSS valia cada centavo.

Ao se instalar o dispositivo precursor do TAS, inicialmente utilizado pelas empresas responsáveis por pesquisas sismológicas para verificar fissuras com formação de petróleo, notou-se que a eficiência de sua detecção era muito boa, utilizando-se dos sinais de baixa frequência emitidos pela fonte geradora de ruído. O resultado das detecções do inimigo durante a Guerra Fria com o dispositivo precursor do TAS superou as expectativas e o TAS passou a ser item obrigatório dos SSBN e SSN.

O outro fato que corrobora com a proposta é o exemplo da MNF, que não previa a dotação do TAS nos novos SSN da classe Barracuda, mas a possibilidade de instalação, caso fosse decidido instalar pelo sistema *Clip on, Clip off*. O projeto era do início dos anos 2000, e intencionava-se utilizar o sonar de flanco, também capaz de trabalhar com baixas frequências, mas suscetível às emissões de ruído próprio do submarino. O resultado foi que depois de lançado em 2021, a MNF decidiu pela instalação do TAS em 2022.

Ficou claro, a partir do apresentado no Quadro 1, que o TAS implica, além dos naturais custos, em restrições de manobra para o submarino. Mas essas restrições são de escolha, cabendo ao Comandante do meio decidir ou não pelo corte do dispositivo quando ele se mostrar desfavorável.

Em que pese os inconvenientes de adaptação do SCAPN ao recebimento do TAS, a pesquisa mostrou que a história da arma submarina é repleta de adaptações aos projetos iniciais. Por isso, a não contemplação no projeto inicial do SCAPN do TAS não deveria, salvo melhor juízo, impedir a incorporação do recurso de detecção passiva rebocado.

Destarte a proposta deste trabalho é que, se possível, o SCAPN seja dotado do dispositivo de TAS de baixa frequência.

A proposta apresentada no parágrafo acima não constitui um projeto executivo e nem mesmo um de viabilidade, sendo tão somente uma possibilidade de dotação de um recurso a mais de detecção para o meio, o que potencializaria seu desempenho tático, operacional e estratégico. Para a decisão de se implementar ou não a proposta seria necessário um estudo de viabilidade, seguido de um projeto técnico executivo.

6 CONCLUSÃO

A evolução do submarino desde o *CSS Hunley* até os dias atuais demonstrou que a arma submarina nunca se apresentou como uma obra acabada, sempre houve evolução para atender às demandas das inovações tecnológicas que estavam ligadas à necessidade de um melhor desempenho nos confrontos navais.

Nas duas Grandes Guerras o submarino mostrou seu valor, principalmente na interceptação das LCM do inimigo. Nas duas guerras, o RU esteve próximo ao estrangulamento, sendo salvo pelo advento dos comboios, do Radar, da evolução da guerra antissubmarino no Atlântico e, acima de tudo, pelo apoio dos EUA. Do outro lado do mundo, no Pacífico, apesar dos EUA terem hesitado em dar início à guerra de curso, a falta de prioridade com que o Japão tratou a guerra antissubmarino lhe custou a capacidade de manter o esforço de guerra, pois, sem ter como receber os insumos necessários às fábricas para a produção de novas unidades de combate, não foi possível continuar enfrentando o adversário nas mesmas condições, desta forma, a capitulação seria questão de tempo.

Apesar desse bom desempenho, pode-se considerar que o submarino tinha um papel subsidiário como SSK, até o início da Guerra Fria, ocasião na qual passou a ser SSN e SSBN para representar a deterrência nuclear marítima em que proporcionava aos dois blocos, capitalista e socialista, a capacidade do segundo ataque, caso sofresse o primeiro e o país fosse devastado.

Com a deterrência nuclear marítima veio a necessidade de se acompanhar os vetores do possível holocausto nuclear do inimigo. Assim, teve início a instalação da rede SOSUS, criada pelo bloco ocidental para monitoração e acompanhamento dos SSBN e SSN soviéticos. A partir do momento em que a cobertura física do SOSUS não foi suficiente para cobrir o trânsito dos submarinos inimigos, surgiu a necessidade de se instalar um dispositivo rebocado nos SSN e SSBN que se usava em pesquisas sísmicas para dar continuidade ao acompanhamento dos submarinos hostis, dando origem aos TAS.

Durante a Segunda Guerra Mundial os operadores sonares dos submarinos não tinham o costume de operar o sonar em passivo, principalmente por ficarem pouco tempo mergulhados ou para realizarem o ataque ou para se evadirem de um ataque de um escolta. Usava-se de maneira mais corriqueira o sonar ativo, pois dele obtinha-se distâncias. Com a chegada do tipo

XXI dotado de esnórquel e a possibilidade de permanecer mais tempo mergulhado, a escuta sonar começou a tomar forma e os sensores passivos começaram a ser valorizados, principalmente devido às missões de inteligência que começaram a ser atribuídas aos submarinos, com o propósito de escutar o inimigo para estudar suas atividades.

No entanto, em paralelo com o incremento da detecção veio também a propulsão nuclear. Os SSK são reconhecidamente mais silenciosos que os SSN e SSBN, pois estes têm de permanecer sempre com o sistema de refrigeração ligado para fins de resfriamento do reator nuclear.

Com o fim da Guerra Fria as Marinhas do ocidente diminuíram de tamanho e lhes foram atribuídas missões de caráter subsidiário, deixando a guerra antissubmarino em segundo plano. Entretanto, baseado no sucesso da arma nos conflitos mundiais, muitas outras marinhas adquiriram submarinos, do que se pode concluir que o conflito naval a longo prazo o ambiente abaixo d'água continuará a ter alta relevância para as Marinhas, razão pela qual não se deve negligenciar a guerra antissubmarino.

No caso brasileiro, o SCAPN será a espinha dorsal da Defesa Naval e seu emprego se dará no ambiente operacional do Atlântico Sul, que por vezes parece ter um papel secundário em relação às outras regiões, principalmente por não estar no eixo das superpotências, mas que, a longo prazo terá majorada a sua importância não só pelas riquezas que possui como também pelo perfil de distribuição das LCM.

Os avanços tecnológicos como o *big data* melhoram a performance de tecnologias que já existiam no passado, como a análise LOFAR e feixe de laser, que podem representar um incremento na detecção de submarinos. Em relação aos veículos submarinos não tripulados as possibilidades são várias e promissoras, apesar do seu curto alcance, mas podem incrementar, em muito a capacidade da guerra antissubmarino.

Como recomendações para pesquisas futuras, indica-se o estudo de viabilidade da presente proposta, bem com os termos gerais de um projeto executivo que contemple a dotação do SCAPN do TAS.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Estado-Maior da Armada. EMA-305. **Doutrina Básica da Marinha**. Brasília: Estado-Maior da Armada, 2014.

_____. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/END-PNDa_Optimized.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

COUTAU-BÉGARIE, Hervé. **Tratado de Estratégia**. Rio de Janeiro. EGN. DPHDM, 2010. 776 p.

CRAVEN, John Pina. **The Silent War: The Cold War Battle Beneath the Sea**. Touchstone, 2002.

D' ARBONNEAU, Thierry. **L'encyclopédie des sous-marins français**. Tome 1, Naissance d'une arme nouvelle. Paris: SPE Barthélémy, 2009.

Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) - **Anti-Submarine Warfare**. Disponível em: <https://www.darpa.mil/about-us/timeline/lambda-and-antisubmarine-warfare>. Acesso em: 9 jul. 2023.

DREW, Christopher; SONTAG, Sherry. **Blind Man's Bluff: The Untold Story of American Submarine Espionage**. Harper, 1998.

EUROPEAN JOURNAL OF DEVELOPMENT STUDIES (EJ-DEVELOP). AUKUS: **The Changing Dynamic and Its Regional Implications**. 2022. Disponível em: <https://www.ej-develop.org/index.php/ejdevelop/article/view/63>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FRIEDMAN, George. **The Next 100 Years: a forecast for the 21ST century**. New York: Doubleday, 1 ed., 2009.

FRIEDMAN, Lawrence. **Deterrence**. Policy Press, 2004.

GARCIA, Arturo Oropeza; SOARES, Marina Borges. **Do Atlântico ao Pacífico: reconstruindo a Ordem Global**. São Paulo: Arraes Editores. 2020.

GREEN, Michael. **Images of War: United States Navy Submarines 1900–2019**. Kindle Edition, 2019.

HENNESSY, Peter. JINKS, James. **The Silent Deep: The Royal Navy Submarine Service Since 1945**. Penguin, UK, 2015.

KAPLAN, Philip. **Silent Service: Submarine Warfare from World War II to the Present - An Illustrated and Oral History**. New York: Skyhorse, 2015.

LA TOURRETTE, Tom; HELMUS, Todd C.; CHINDEA, Irina A. ***China's Role in the Global Development of Critical Resources. Case Studies in Coal Power, Electricity Transmission, and Seabed Mining.*** Rand Corporation, 2022. Disponível em: < https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2096-1.html>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LEWIS, David H. ***Innovation, Interrupted—Next-Generation Surface-Combatant Design.*** California: Naval War College Review, vol. 75, n. 1, art. 8, 2022. Disponível em: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8249&context=nwc-review>. Acesso em: 9 jul. 2023.

MENEZES, José A. V. da C. Estado-Maior da Armada. *In: Aula inaugural do Curso de Política e Estratégia Marítimas (C-PEM) 2023*, Tema: A Estratégia de Defesa Marítima. 2 fev. 2023.

MENZIES, Gavin. ***1421 - O ano em que a China descobriu o mundo.*** São Paulo: Bertrand Brasil, 2006.

OWEN, David. ***Anti-Submarine Warfare: An Illustrated History.*** Annapolis: Naval Institute Press, 2007.

PETERS, Johannes. ***Below the Surface: Undersea Warfare Challenges in the 21st Century.*** Jan. 2021. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/352960209_Below_the_Surface_Undersea_Warfare_Challenges_in_the_21st_Century>. Acesso em: 10 jul. 2023.

POGGIO, Guilherme. ***A Guerra da Lagosta e suas lições.*** Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2016/01/28/a-guerra-da-lagosta-e-suas-licoas/>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SONTAG, Sherry. DREW, Christopher. ***Blind man's bluff: the untold story of american submarine espionage.*** New York: Public Affairs, 1998.

TREVELYAN, Mark. ***A What is the risk of a war between Russia and Ukraine?.*** Disponível em: <https://www.reuters.com/world/europe/qa-what-is-risk-war-between-russia-ukraine-2021-11-23/>. Acesso em: 8 jul. 2023.

VATS, Nikita. ***An Analytical Overview On 'AUKUS'.*** 07 mar. 2022. Disponível em: < <https://www.cescube.com/vp-an-analytical-overview-on-aukus>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

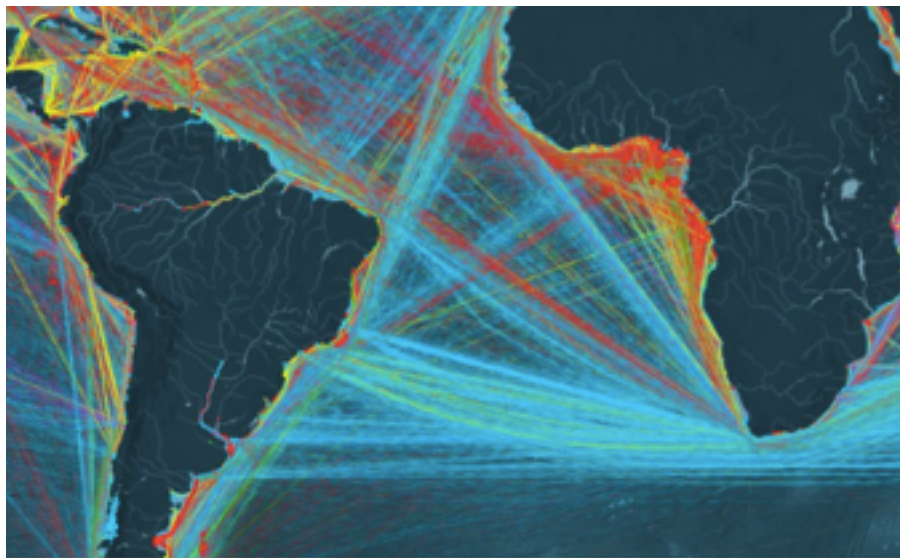
VEGO, Milan. ***Joint Operational Warfare: Theory and Practice.*** New York: Defense Department, 2009.

WAITE, A. D. ***Sonar for Practicing Enginners.*** Ed. Winley, 3rd edition, 2002.

WILDENBERG, Thomas. ***To Sink a Battleship. Commanding the Balao-class submarine Sealion, Eli Reich accomplished a singular sea-fighting exploit of World War II.*** Annapolis: Naval History Magazine, ago. 2023.

Anexo A

Linhas de Comunicação Marítimas no Atlântico Sul



Apêndice I

Entrevista com Oficial da Marinha Francesa

1) Quand la France a-t-elle commencé à opérer le sonar remorqué?

Le début des recherches date de la fin des années 1970, sur la base des principes de la recherche pétrolière. Le 1er système expérimental était une antenne de recherche sismique disposée sur un SSK de la classe Agosta. Ce système se nommait « Calèche ». Cela a permis de développer le DSUV61, puis DSUV62 au début des années 1980 (le 1er guide d'emploi disponible à l'ESNA date de 1990). L'objectif a ensuite été d'élargir la gamme de fréquence, notamment vers le bas, ce qui a conduit à la création des antennes UBF : études théoriques entre 2000 et 2005, premiers recueils de données entre 2006 et 2008 sur des moyens expérimentaux, premiers essais sur SNA en 2013, emploi en opérations en 2014.

En termes de sources:

- <https://lefauteuildecolbert.blogspot.com/2018/05/sna-ng-suffren-un-dispositif-de.html> cet article est centré sur le système de ravalage des antennes, mais donne de bons éléments sur les antennes elles-mêmes.
- L'Encyclopédie du sous-marins, aux éditions Barthélémy, mais qui n'existe qu'en version papier.
- La Technologie du sous-marin d'Alain Bovis (président de l'Académie de Marine)

De façon générale, ces deux derniers ouvrages sont la référence pour toutes les questions relatives à l'histoire des sous-marins français.

2) Comment ce besoin est apparu ?

A mon sens, ce qui a motivé la recherche dans ce domaine est la prise de conscience du gain opérationnel que pouvait apporter la détection ETBF entermes d'ASM. A la fin des années 1970, la Marine était toute tournée vers la mise en œuvre d'une dissuasion souveraine (1ère patrouille en 1972) et consentait beaucoup d'effort dans tout ce qui renforçait sa crédibilité (détection ETBF, mais aussi sonars ATBF remorqués, avions de patrouille maritime,...).

Ce qui est intéressant, c'est de regarder le cas du Suffren, 40 ans plus tard. Lors de la spécification du besoin, l'antenne remorquée a été supprimée et mise en 'mesure conservatoire', c'est-à-dire avec la capacité de la rajouter plus tard. Nous étions alors à la fin des années 1990 et la Marine avait en perspectives les antennes de flanc, dont les premiers exemplaires expérimentaux ont été installés sur le Saphir autour de 2005. Confiants dans cette nouvelle capacité, nous avons alors pensé pouvoir nous passer d'ALR sur le Suffren (c'est un peu schématique, mais l'esprit est là). L'emploi opérationnel des SNA Rubis avec des antennes de flanc performantes, notamment en pistages ASM dans les années 2010, a permis de comprendre que l'ETBF (et plus tard l'UBF) restait un facteur de supériorité indéniable. C'est ce qui a conduit à installer l'an dernier des antennes UBF sur les SNA de type SFE.

3) SNA/SNLE

Les ALR ont avant tout été développées pour les SNLE pour les raisons détaillées ci-dessus : l'impératif de performance pour garantir l'invulnérabilité du SNLE en patrouille et donc la capacité de frappe en second.

Ce qui est intéressant, c'est plutôt la façon dont le système a été développé : le SSK de classe Agosta (et plus tard le SNA pour l'antenne UBF) ont été des 'bancs d'essais' de ces nouveaux systèmes, dans un démarche parfaitement incrémentale. L'ingénieur de Thomson (plus tard Thalès, puis TUS, puis TDMS) et de la DGA venaient à bord pour voir comment les marins s'en servent et améliorer le système. C'est le contraire d'un essai dans lequel l'ingénieur décide de ce que l'on fait. C'est bien parce qu'on s'est servi de l'antenne UBF sur SNA pendant des milliers d'heures de plongée à partir de 2013, qu'elle a maintenant été installée sur SNLE. Il en a été de même dans les années 1980 pour l'ETBF.

La vertu de ce rapprochement entre ingénieur et marin est triple. Il permet :

- a) de disposer d'un outil 'fit to fight' au moment de la livraison puisqu'il a longuement été utilisé en mer;
- b) de commencer à remplir les bases de données du CIRA;
- c) de développer des 'cas d'usage', c'est-à-dire ce que l'on va pouvoir faire de nouveau avec ce nouveau moyen.

4) Analystes

Pour faire simple, il s'agit d'opérateurs sonar qui ont navigué quelques années et qui font 2 ans de cours pour acquérir le savoir-faire d'analyste. Plusieurs remarques :

- a) L'analyse ne repose pas que sur l'analyste. Tout le module détection y participe. C'est le sens des mentions 'écouteur' (la première que les opérateurs obtiennent), puis classificateur (qui vient ensuite), l'analyste étant l'expert du module;
- b) L'analyse ne vaut aussi que par la base de données disponible sur les navires compétiteurs. C'est le travail du CIRA depuis 40 ans et c'est un trésor;
- c) Le corollaire est qu'il faut une capacité d'analyse de 3ème niveau à terre. Tout ne peut pas être fait à bord, tant il faut des outils puissants et du temps pour 'décortiquer' le signal. C'est également le travail du CIRA, qui a beaucoup progressé sur le sujet ces derniers temps.

Pour ce point sur la formation des analystes, je vais te mettre en relation avec le CDT du CIRA, CF Magnan qui tu connais peut-être, et qui pourra te répondre plus précisément.

Dis-moi si cela répond à la question. N'hésite pas à me dire s'il te faut davantage d'éléments.

Je te souhaite une bonne journée,

CV (MNF) Nicolas Faure.