

ASPIRANTE 4006 ANA CATHARINA BASTOS CARDOSO

**OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM:  
COMO TORNAR AS CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM MAIS EFICIENTES E  
SEGURAS NO ACESSO À BASE DE SUBMARINOS DA ILHA DA MADEIRA**

ESCOLA NAVAL

RIO DE JANEIRO – 2023

ASPIRANTE 4006 ANA **CATHARINA BASTOS CARDOSO**

**OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE  
MINAGEM:**

**como tornar as Contramedidas de Minagem mais eficientes e seguras no  
acesso à Base de Submarinos da Ilha da Madeira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
requisito parcial para obtenção do grau de bacharel  
em Ciências Navais perante a Escola Naval.

Orientador: (CC) **VINICIUS MATHEUS DE  
OLIVEIRA CORDEIRO**

RIO DE JANEIRO

2023

CARDOSO, ANA CATHARINA BASTOS

• Operações de Minagem e Contramedidas de Minagem: como tornar as Contramedidas de Minagem mais eficientes e seguras no acesso à Base de Submarinos da Ilha da Madeira / Ana Catharina Bastos Cardoso - RJ, 2023.

41 f

Orientador: (CC) Vinicius Matheus de Oliveira Cordeiro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Navais)  
– Escola Naval, Rio de Janeiro - RJ, 2023.

**OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM:  
como tornar as Contramedidas de Minagem mais eficientes e seguras no acesso à Base  
de Submarinos da Ilha da Madeira**

**ASPIRANTE 4006 ANA CATHARINA BASTOS CARDOSO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
requisito parcial para obtenção do grau de bacharel  
em Ciências Navais perante a Escola Naval.

Aprovado em: \_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023

---

**Orientador**

(CC) VINICIUS MATHEUS DE  
OLIVEIRA CORDEIRO

---

Membro da Banca

Professora Doutora, MARIA HELENA  
MISCOW FERRAZ DE MENDONÇA

## RESUMO

### OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM

O objetivo deste trabalho é enfatizar a importância de fortalecer as operações de Contramedidas de Minagem na Marinha do Brasil, principalmente visando à segurança das operações com o futuro submarino nuclear brasileiro. Para alcançar o propósito desse trabalho, foi realizada uma pesquisa comparativa das capacidades de Contramedidas de Minagem das Marinhas do Brasil, dos Estados Unidos, da China e da Suécia. Além disso, foi realizada uma comparação entre as atividades de varredura e caça de minas, a fim de estabelecer se há a prevalência de alguma delas ou se são atividades complementares. Foram analisados, também, diversos meios modernos de varredura e caça de minas não tripulados, assim como seus métodos de operação, e como contribuem para a eficácia e eficiência das operações. A Base Naval de Itaguaí, que sediará o submarino nuclear brasileiro, precisa de segurança marítima adequada, incluindo operações de caça de minas nas suas rotas de acesso. Os dados coletados durante o mapeamento do fundo do mar devem ser armazenados em um Banco de Dados para manter um histórico dos objetos e equipamentos presentes no canal. Com base no exposto, concluímos que a Marinha do Brasil deve adquirir meios de caça de minas o mais rápido possível para garantir a segurança das operações envolvendo o submarino nuclear brasileiro e preservar sua capacidade na Guerra de Minas. Além disso, concluiu-se que as operações de varredura e caça de minas são atividades complementares.

Palavras-chave: Contramedidas de Minagem. Submarino nuclear. Caça de minas. Varredura de minas.

## **ABSTRACT**

### **MINING AND MINE COUNTERMEASURES OPERATIONS**

The objective of this final paper is to emphasize the importance of strengthening Mine Countermeasures operations in the Brazilian Navy, mainly aiming at the safety of operations with the future Brazilian nuclear submarine. To achieve the purpose of this work, a comparative research was carried out on the Mine Countermeasures capabilities of the Navies of Brazil, the United States, China and Sweden. Furthermore, a comparison was made between mine sweeping and mine hunting activities, to establish whether there is a prevalence of either of them or whether they are complementary activities. Various modern vehicles of unmanned mine sweeping and hunting were also analyzed, as well as their methods of operation, and how they contribute to the effectiveness and efficiency of operations. The Itaguaí Naval Base, which will host the Brazilian nuclear submarine, needs adequate maritime security, including mine hunting operations on its access routes. The data collected during seabed mapping must be stored in a Database to maintain a history of objects and equipment present in the channel. Based on the above, we conclude that the Brazilian Navy must acquire mine hunting resources as quickly as possible to guarantee the safety of operations involving the Brazilian nuclear submarine and preserve its capacity in Mine Warfare. Furthermore, it was concluded that mine sweeping and hunting operations are complementary activities.

**Keywords:** Mine Countermeasures. Nuclear submarine. Mine hunting. Mine sweeping

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - O MHS Donggang da Classe Wozang realizando o lançamento de um veículo de neutralização de minas.....	32
---	----

## LISTA DE SIGLAS

BNA -	Base Naval de Aratu
CASOP -	Centro de Apoio a Sistemas Operativos
CMM -	Contramedidas de Minagem
ComemCh -	Comando-em-Chefe da Esquadra
ComForMinVar -	Comando da Força de Minagem e Varredura
DMN -	Doutrina Militar Naval
ELP -	Exército de Libertação Popular
EUA -	Estados Unidos da América
FAO -	<i>Food and Agriculture Organization</i>
ForMinVar -	Força de Minagem e Varredura
GDAE -	Grupo de Desativação de Artefatos Explosivos
GM -	Guerra de Minas
IPN -	Instalação Propulsora Nuclear
LCS -	Littoral Combat Ship
MB -	Marinha do Brasil
NCM -	Navios Caça Minas
NV -	Navios varredores
ONU -	Organização das Nações Unidas
PAM -	Programa Alimentar Mundial
PLAN -	<i>People's Liberation Army Navy</i>
ProSub -	Programa de Submarinos Brasileiros



<i>RSwN</i> -	<i>Royal Swedish Navy</i>
SN-BR -	Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro
UAV -	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
USN -	<i>United States Navy</i>
USV -	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
UUV -	<i>Unmanned Underwater Vehicle</i>
VRO -	Veículo Remotamente Operado
VSA -	Veículo submarino autônomo
ZEE -	Zona Econômica Exclusiva

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. A GUERRA DE MINAS NA MARINHA DO BRASIL .....</b>	<b>12</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	12
2.3 TIPOS DE OPERAÇÕES DE CMM .....	17
2.4 VARREDURA DE MINAS .....	18
2.5 CAÇA DE MINAS.....	19
<b>3. O PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS (PROSUB) .....</b>	<b>20</b>
3.1 DIFERENÇAS ENTRE O SUBMARINO CONVENCIONAL E O SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR.....	22
3.2 CAÇA DE MINAS E OS SUBMARINOS DE PROPULSÃO NUCLEAR.....	24
<b>4. AS CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM DAS MARINHAS DOS ESTADOS UNIDOS, CHINA E SUÉCIA.....</b>	<b>26</b>
4.1 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA <i>UNITED STATES NAVY</i> (USN).....	26
4.2 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA <i>PEOPLE'S LIBERATION ARMY NAVY (PLAN)</i> .....	30
4.3 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA <i>ROYAL SWEDISH NAVY</i> (RSwN).....	34
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>REFRÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil iniciou a atividade de Contramedidas de Minagem (CMM) com a criação da Força de Minagem e Varredura (ForMinVar) em 1961, após os desdobramentos da Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945), que mostrou as ameaças apresentadas pela Guerra de Minas (GM), responsável pelo afundamento de diversos navios no conflito. Atualmente, no entanto, esta força encontra-se defasada e obsoleta.

Com o advento do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (ProSub), e tendo como foco as futuras operações com o Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro (SN-BR), tornou-se essencial novos investimentos para aprimorar as operações de CMM. Sendo assim, este trabalho busca responder a seguinte pergunta: quais são as capacidades de CMM necessárias para que o Brasil possa operar de forma segura com os novos submarinos convencionais e, principalmente, com o futuro SN-BR?

Desta forma, serão estudadas as capacidades de CMM dos EUA, da China e da Suécia, nações cujas Marinhas são desenvolvidas nessa área. Vale ressaltar que tanto a China quanto os EUA possuem Marinhas com influência global e submarinos nucleares. Já a Suécia desenvolveu sua capacidade de CMM devido aos campos minados implantados nas Primeira e Segunda Guerras Mundiais. Ao final, será realizada análise comparativa das capacidades de CMM dessas Marinhas e serão apresentadas soluções possíveis e adequadas para a Marinha do Brasil (MB), ressaltando a importância da modernização do Comando da Força de Minagem e Varredura.

Por conseguinte, no primeiro capítulo será apresentada a contextualização histórica da GM, expondo a ameaça que as minas navais representam e, conseqüentemente, a importância das CMM. Além disso, apresenta-se o histórico do Comando da Força de Minagem e Varredura, ressaltando os meios de CMM disponíveis e a diferença entre varredura e caça de minas. Já no segundo capítulo, será explanada a importância do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub), além da diferença entre o submarino convencional e o de propulsão nuclear, enfatizando, também, os perigos de se operar com este último e o porquê deve-se priorizar a segurança ao operar com este meio. Na sequência, no terceiro capítulo serão apresentadas as capacidades de CMM das Marinhas dos EUA, China e Suécia. Por fim, o trabalho será encerrado com uma conclusão ressaltando os pontos mais relevantes apresentados e possíveis soluções para melhorar as atividades de CMM da MB.

## 2. A GUERRA DE MINAS NA MARINHA DO BRASIL

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

As minas são armas simples, de fácil produção e armazenamento. As rotinas de manutenção possuem baixo grau de complexidade e o lançamento é viável por diversas embarcações – inclusive as civis, sendo apenas necessário realizar pequenas adaptações (ALVES, 2021). Em que pese a sua simplicidade, merece destaque o fato de serem capazes de provocar danos extensos, apresentando também excelente custo-benefício, razão pela qual são utilizadas por diversas Marinhas, até mesmo aquelas com recursos financeiros e tecnológicos limitados. Por tais razões, foram empregadas em diversos conflitos marítimos e figuram, até os dias atuais, como um meio excelente para negar o uso do mar ao inimigo.

Os chineses, durante a dinastia *Ming* no século XIV, motivados por diversos conflitos, realizaram grandes avanços com relação às armas de pólvora. Diversos relatos históricos apontam que nesse contexto foi idealizada, pela primeira vez, a mina marítima. No entanto, ela só foi empregada durante a Guerra de Independência dos Estados Unidos da América (EUA) (PEIXOTO, 2022). Nesta guerra, em 1776, *David Bushnell*, ao descobrir que era possível detonar a pólvora dentro da água, resolveu desenvolver o chamado *Bushnell's Keg*: um barril carregado de pólvora e munido de um dispositivo de contato, responsável pelo acionamento da arma. A intenção era que o *Bushnell's Keg* navegasse através de um protótipo de submarino, conduzido por apenas uma pessoa, até aproximar-se o suficiente de um navio britânico, que se encontrava atracado, para realizar o lançamento do barril, que seria posteriormente acionado por um detonador interno, a fim de que o condutor tivesse tempo suficiente para se afastar. Contudo, esta missão não obteve o sucesso desejado, resultando na morte de quatro marinheiros que foram recolhê-la, marcando, assim, o início de uma das armas navais mais letais (ALVES, 2021).

Todavia, tal artefato, só se consagrou como efetiva arma de guerra, com alto poder de destruição, após sofrer alguns avanços tecnológicos, a partir da Guerra Russo-Japonesa (1904-1905), onde foi amplamente empregada (JUNIOR, 2021). Desde então, as minas foram sendo constantemente revolucionadas e, por isso, atualmente, são mais efetivas, podendo ser detonadas pelo contato físico, análise da assinatura magnética ou acústica e pela variação da pressão da coluna d'água provocada pela passagem de navios ou submarinos. Tendo em vista a crescente ameaça que as minas marítimas representam, as CMM se tornaram de grande

relevância e vêm apresentando evolução no decorrer das épocas, sendo necessário, portanto, o seu constante aperfeiçoamento e readaptação, pelo menos em proximidade de proporção com que as minas evoluem, visando reduzir e até mesmo mitigar os danos causados por tais meios. Sendo assim, a fim de ilustrar a importância das operações de CMM, a seguir serão expostos diversos conflitos onde a baixa eficiência de CMM foi fator determinante para o fracasso.

Durante a Guerra da Coreia (1950 a 1953), no desembarque em *Wonsan*, é possível identificar a importância de se aprimorar as CMM, tendo em vista que através do emprego de 3.000 (três mil) minas, os norte-coreanos conseguiram impedir o desembarque e o consequente acesso das Forças dos Estados Unidos da América (EUA). Apesar do grande esforço de CMM desempenhado pelos norte-americanos, apenas 225 (duzentos e vinte e cinco) minas foram varridas e durante esta ação foram afundados um rebocador e quatro navios varredores (NV) norte-americanos e, ainda, cinco *destroyers* foram gravemente avariados, culminando em grandes despesas. Com a intenção de garantir certo grau de segurança, foi preciso atrasar em oito dias a operação de desembarque, para que as operações de CMM pudessem ser concluídas com segurança. O Comandante da Força Avançada em *Wonsan*, Almirante *Allan Smith*, manifestou o seguinte pensamento: “*Nós perdemos o controle do mar para uma nação sem marinha, que empregou uma arma anterior ao século XX, lançada por embarcações da época do nascimento de Cristo*” (PIMENTEL, 2018).

Na guerra do Iraque, a marinha iraquiana, comandada por Saddam Hussen, lançou aproximadamente 1.200 (mil e duzentas) minas, distribuídas em 10 (dez) campos minados, avariando, assim, os USS *Trípoli* e *Princeton*. Até o final da guerra, foram realizados esforços de varredura na região e apenas 191 (cento e noventa e uma) minas foram neutralizadas, acarretando, durante a operação, em perdas de vidas e dois navios importantes foram avariados e ficaram inoperantes. Com o término do conflito foram realizadas operações de varredura em posse dos mais avançados meios disponíveis e dos planos de minagem viabilizados pelo Iraque e, mesmo assim, somente 50% (cinquenta por cento) das minas foram neutralizadas (SENNA, 2011 *apud* PIMENTEL, 2018).

Tais conflitos comprovam que as minas possuem um grande efeito estratégico como o de dificultar o planejamento do inimigo, restringindo o seu movimento e assegurando a negação do uso do mar por este, garantindo vantagem militar. Além disso, tais conflitos mostram como é “fácil” o lançamento de minas, quando comparado com a complexidade das operações de limpeza dos campos minados, o que fortalece a importância do investimento em CMM.

Outro exemplo que ressalta a importância das CMM, foi a recente guerra entre Rússia e Ucrânia e a crise alimentar mundial gerada por tal conflito, devido à presença de centenas de minas no Mar Negro. Vale ressaltar que antes da invasão russa, a Ucrânia era o quarto maior exportador de grãos do mundo e, com a interdição marítima, segundo funcionários do governo ucraniano, cerca de vinte milhões de toneladas de grãos ficaram retidas no país. Segundo o porta-voz da Agência de remessas da ONU, *“As minas foram colocadas em abordagens portuárias e algumas saídas de porto, bloqueadas por barcaças e guindastes afundados...”* e *“...remover completamente as minas nas áreas portuárias levariam vários meses”*. De acordo com Northwood, consultor da empresa de segurança marítima Mast, *“Os caça minas também precisariam estar equipados com submersíveis operados remotamente para localizar e destruir as minas”*. Assim, é possível notar que este tipo de operação não é simples de ser realizada, necessitando de meios com tecnologia avançada.

De acordo com o Conselho Internacional de Grãos, a produção global de grãos será inferior à demanda na temporada de 2022/2023, o que provavelmente acarretará elevação dos preços nesse setor. De acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI), o conflito gerou a pior crise alimentar global desde pelo menos 2008, quando houve um colapso financeiro internacional. Devido a essa crise, países como Líbano e Índia, que importavam, respectivamente, 80% (oitenta por cento) do seu trigo e 76% (setenta e seis por cento) do óleo de girassol da Ucrânia, sofreram com a escassez e com a alta de preços. Segundo dados levantados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pelo Programa Mundial de Alimentos das Nações Unidas (PAM), esta retenção de grãos na Ucrânia pode inserir até quarenta e sete milhões de pessoas na condição de insegurança alimentar grave, dessa forma, o número de pessoas que se encontram neste quadro pode chegar, no total, a até trezentos e vinte e três milhões. Além disso, o PAM, responsável por alimentar diversas pessoas à beira da fome em países como Etiópia, Iêmen e Afeganistão, também importava cerca de metade de seu trigo da Ucrânia e ficou prejudicado, deixando de fornecer a ajuda necessária a diversos países. Por todo o exposto, percebe-se como as CMM são necessárias e como o não investimento nesse setor pode gerar graves consequências quando se trata de importantes rotas marítimas.

A partir desses exemplos históricos é possível vislumbrar a relevância das minas em tais conflitos e como tal artefato contribuiu de forma significativa para a estratégia naval. Assim, fica evidente a necessidade de neutralização dessa ameaça e do fortalecimento e inovação constante das CMM.

## 2.2 COMANDO DA FORÇA DE MINAGEM E VARREDURA (COMFORMINVAR)

O ComForMinVar, responsável por realizar as operações de Contramedidas de Minagem (CMM), tem sua origem após a Segunda Guerra Mundial, momento em que a Guerra de Minas mostrou ser de grande relevância. Criada em 1961, a então Força de Minagem e Varredura (ForMinVar) era inicialmente subordinada ao Primeiro Distrito Naval e dispunha de dois navios varredores (NV): Javari e Jutaí, ambos provenientes da Marinha americana. Posteriormente, recebeu mais dois NV (Juruá e Juruena) e três navios patrulhas (Piranha, Piraquê e Pirapiá), sendo transferida para a subordinação do Comando-em-Chefe da Esquadra (ComemCh) (JÚNIOR, 2019).

Em 1967, foi redesignada como Esquadrão de Minagem e Varredura e, em 1971, os navios patrulhas foram designados ao Grupamento Naval do Sul. Sendo assim, o Esquadrão, que foi transferido para a Base Naval de Aratu (BNA), passou a ser composto apenas pelos NV (BRASIL, 1961 *apud* PIMENTEL, 2018)

Concomitantemente e objetivando a modernização do Esquadrão, a Marinha optou por encomendar a construção de seis navios varredores à Alemanha. Tais navios fariam parte da Classe Aratu e eram equipados com tecnologia considerada, na época, revolucionária. Ao final de 1972, a Marinha já havia recebido os quatro primeiros, batizados de Aratu, Anhatomirim, Atalaia e Araçatuba. Em 1975, o Esquadrão passou à subordinação do Segundo Distrito Naval, sendo então chamado de Comando da Força de Minagem e Varredura (ComForMinVar). Os dois últimos navios varredores (Abrolhos e Albardão) chegaram em 1976 e, desta forma, os antigos varredores haviam sido completamente substituídos (BASTOS e PEREIRA, 2011, p. 17 *apud* CARVALHO, 2016).

No período de 2001 a 2007 ocorreu a última revitalização dos meios, visando restabelecer a capacidade operativa, tanto pela manutenção de seu estado físico quanto dos recursos tecnológicos (BRASIL, 2013 *apud* PEIXOTO, 2022).

A posterior falta de revitalização, no entanto, resultou na baixa do serviço ativo de três navios de forma sequencial: Abrolhos, em 2015; Anhatomirim, em 2016 e Albardão, em 2021. Tendo em vista que a Marinha do Brasil ainda não possui um plano para a substituição dos meios remanescentes, é de crucial importância o conhecimento das tecnologias, capacidades e condições operativas, a fim de saber se tais meios estão prontos para operar frente a atual e a futura Guerra de Minas.

Sendo assim, se faz necessário um breve estudo destes meios. Os NV da Classe Aratu possuem o casco de madeira a fim de reduzir as chances de serem detectados por sensores e minas navais de influência magnética, já que tal material proporciona uma assinatura magnética inferior à de navios ferromagnéticos. Além disso, dispõem de um sistema de proteção magnética, chamado *Degaussing*, que consiste em um conjunto de bobinas cujo objetivo é reduzir a assinatura magnética. Com o intuito de verificar se as assinaturas magnéticas se encontram na faixa de valor pré-estabelecida, são efetuadas, regularmente, as corridas na raia magnética na Estação de Medições Magnéticas de Itaparica. No caso de alguma medição se apresentar acima do valor previsto isto é regulado através do *Degaussing* (JUNIOR, 2019).

Outro fator importante é a assinatura acústica destes meios, que também devem, periodicamente, realizar a corrida da raia acústica, para verificar se suas emissões acústicas se encontram dentro do padrão. Após tais verificações o Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP) identifica as condições ideais de funcionamento dos equipamentos para que a sua condição mais silenciosa de operação seja alcançada, possibilitando, assim, maior segurança nas Operações de CMM em águas sob a ameaça de minas navais de influência acústica (JUNIOR, 2019).

Dessa forma, os NV que ainda se encontram operando são remanescentes da década de setenta e, portanto, alguns equipamentos vitais encontram-se degradados devido ao desgaste natural. Além disso, pode-se constatar que estão defasados tecnologicamente frente à atual Guerra de Minas, necessitando de inovações tecnológicas. Vale ressaltar, também, que o ComForMinVar não possui Navios Caça Minas (NCM), possibilitando apenas operações de varredura, as quais vêm perdendo eficiência devido à evolução tecnológica das minas.

Devido à importância das CMM para o Programa de Submarinos Brasileiros (ProSub), espera-se que o ComForMinVar seja realocado para Base Naval de Itaguaí, onde ficarão sediados os submarinos da classe Riachuelo e o futuro Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro. A Marinha deve ser capaz de proporcionar águas seguras e bem monitoradas para tais meios, tendo em vista que acidentes envolvendo um submarino nuclear podem causar graves consequências ao meio ambiente, às instalações e aos indivíduos, devido à presença de radioatividade. Assim sendo, ações preventivas devem ser realizadas antes das operações, de modo a prover a segurança necessária, principalmente, nos canais de acesso para a entrada e a saída dos submarinos, a fim de mitigar possíveis acidentes.

Nesse contexto se insere a importância de manter os meios concernentes ao ComForMinVar operativos e modernos, para que estejam capacitados a combater as atuais e



futuras ameaças, proporcionando segurança nessas águas. É por esse motivo que Marinhas dotadas de submarinos com propulsão nuclear consideram as operações de CMM vitais, pois são uma demanda operativa de tais meios, que são tão estratégicos e de alta relevância.

Por todo o exposto, verifica-se que o investimento na modernização das forças de minagem e contraminagem é vital. Ressalta-se que diversas Marinhas têm se dedicado a desenvolver e aprimorar veículos submarinos autônomos, considerados atualmente como um recurso indispensável para as CMM, já que proporcionam segurança e precisão, retirando o homem da área de risco e elevam a autonomia e eficiência das operações.

Com a proximidade da fase final da vida útil dos NV Classe Aratu e tendo em vista a defasagem tecnológica em relação aos outros países e sua importância para o ProSub, um grande investimento tecnológico neste setor se faz necessário e urgente.

### 2.3 TIPOS DE OPERAÇÕES DE CMM

De acordo com a Doutrina Militar Naval (DMN), as operações de Contramedidas de Minagem (CMM) têm por fim reduzir ou controlar a ameaça ocasionada pelas minas lançadas pelo inimigo, através de ações ativas e passivas, para garantir uma navegação segura tanto para navios de guerra quanto para mercantes, principalmente na entrada e saída de portos ou bases navais e em áreas marítimas de passagem obrigatória (BRASIL, 2017 *apud* PIMENTEL, 2018). Vale ressaltar que para realizar a limpeza de um campo minado é necessário ter conhecimento prévio de sua localização e extensão, métodos e meios a serem empregados, bem como os tipos de varredura e o grau de limpeza a ser alcançado (JÚNIOR, 2019).

As CMM passivas podem ser desempenhadas por qualquer navio a fim de sobrepajar a ameaça gerada por um campo minado sem, no entanto, neutralizar ou destruir qualquer mina. A título de exemplo pode-se citar a redução das assinaturas magnética e acústica, através de processos como “*degaussing*” e “*deperming*”, respectivamente, e até mesmo a alteração da derrota prevista (FLAHERTY, 2019 *apud* ALVES, 2021).

Já as CMM ativas podem ser classificadas como ofensivas ou defensivas. As ofensivas, como o próprio nome já induz a pensar, englobam operações de ataque ao agente lançador, fábricas ou depósitos de minas, visando impossibilitar o lançamento das minas (FLAHERTY, 2019 *apud* ALVES, 2021). As CMM ativas ofensivas são, portanto, uma excelente estratégia a ser usada ao se ter conhecimento de que as forças inimigas almejam estabelecer um campo minado, pois ao impedir isto, evita-se o posterior dispêndio de esforço e recursos necessários

para reestabelecer a segurança marítima. No entanto, para tal tipo de CMM é preciso que se tenha conhecimento acerca do planejamento inimigo, exigindo operações de inteligência, sendo, por isso, mais difícil de ser empregada.

As CMM defensivas, por sua vez, visam neutralizar as minas já lançadas, através do emprego de navios varredores ou caça minas e de mergulhadores (FLAHERTY, 2019 *apud* ALVES, 2021). As CMM defensivas, são, em geral, as mais usadas, por isso se faz necessário um breve estudo dos navios empregados para realizá-las.

A inteligência é muito importante para as operações de CMM, contribuindo para elevar a eficiência na limpeza de determinada área, ao fornecer informações acerca do tipo de mina, métodos de detonação, quantidade, entre outras, que ajudam a reduzir drasticamente o tempo empregado.

#### 2.4 VARREDURA DE MINAS

A varredura de minas pode ser dividida basicamente em duas categorias: mecânica e influência. A varredura mecânica na MB é realizada pelos NV da Classe Aratu. Entretanto, poderia ser executada por diversos meios, como navios de multipropósito, aeronaves de asa rotativa e veículos não tripulados. Ela é realizada rebocando-se cabos varredores, a fim de cortar as amarras de minas navais fundeadas ou danificá-las. Em sequência deve-se optar pela neutralização ou recolhimento das minas, com o intuito de levantar dados de inteligência acerca do inimigo (UNITED STATES, 2014 *apud* CARVALHO, 2016.).

Já a varredura de influência é realizada rebocando-se equipamentos que simulam as assinaturas magnéticas, elétricas, acústicas, sísmicas ou de pressão de um navio, acarretando a explosão inofensiva da mina. (UNITED STATES, 2014 *apud* CARVALHO, 2016). No entanto, a evolução tecnológica das minas está inviabilizando cada vez mais o uso deste método (ALVES, 2021).

Vale ressaltar que as operações de varredura necessitam de um menor tempo se comparadas às de caça de minas, em virtude de os meios utilizados desenvolverem velocidades maiores. Além disso, a varredura de minas representa maior risco tanto durante as operações quanto em relação ao grau de limpeza. Por esse motivo, vários planos operativos optam pelo emprego conjunto da varredura e da caça de minas (UNITED STATES, 2014 *apud* CARVALHO, 2016).

## 2.5 CAÇA DE MINAS

A caça de minas é um tipo de CMM que através de sensores, tais como sonares, lasers, câmeras de vídeo e magnetômetros, é capaz de detectar objetos suspeitos de serem uma mina naval e, confirmando-se a suspeita, possibilita que mergulhadores ou veículos não tripulados realizem a neutralização da mina (FLAHERTY, 2019 *apud* ALVES, 2021). A princípio, esse tipo de CMM era realizado apenas pelos NCM, porém atualmente diversos meios podem ser empregados, tais como: navios multipropósitos, aeronaves de asa rotativa e veículos não tripulados. A caça de minas pode ser dividida em cinco fases: detecção, classificação, localização, identificação e neutralização, que serão estudadas a seguir. (UNITED STATES, 2014 *apud* CARVALHO, 2016).

Iniciando-se pela detecção, sucede-se a fase de classificação, com o fim de realizar o levantamento de informações relevantes acerca do objeto detectado, tais como o tamanho, a forma e a ameaça que representa. Os sonares de varredura lateral são o principal meio utilizado para a execução dessas duas fases, entretanto, poderiam ser realizadas por helicópteros ou veículos submarinos não tripulados (geralmente VSA). A fim de verificar se o objeto realmente é uma mina, inicia-se a fase de identificação, na qual normalmente são empregados mergulhadores. No entanto, com os avanços tecnológicos, há uma tendência maior pelo emprego de veículos submarinos não tripulados (em geral VRO). Confirmada a suspeita, inicia-se a fase de localização e plotagem, objetivando marcar com alta precisão as coordenadas geográficas da mina. Após todas essas fases, segue-se a mais importante e crítica: a destruição ou neutralização, na qual geralmente atuam os mergulhadores especializados em desativação de artefatos explosivos (DAE) ou veículos submarinos não tripulados (VSA ou VRO). (CARVALHO, 2016)

Vale ressaltar que, com os avanços tecnológicos, ocorreram diversas inovações que permitiram a evolução dos veículos não tripulados, tornando-os uma excelente opção por elevar a segurança e eficiência da operação, minimizando cada vez mais a interferência humana no processo. Dessa forma, investir nestes meios se faz de extrema relevância.

Conforme dito anteriormente, a caça de minas, através do emprego de sofisticados sensores, promove maior segurança e eficiência se comparada à varredura, elevando consideravelmente o grau de certeza de que a área está limpa de minas e própria para uma navegação segura. Além disso, a caça de minas permitiu a neutralização de minas mais modernas como as de influência dotadas de contadores de navios, dispositivos incorporados às minas, que ao serem ativados só permitem a detonação da mina quando o detonador é disparado

um número predeterminado de vezes, aumentando a quantidade de passagens necessárias do NV para que a mina seja neutralizada (ALVES, 2021). Dessa forma, uma determinada área poderia ser erroneamente considerada limpa. Ainda assim, este método não significa a extinção do anterior, visto que depende de fatores ambientais, tais como características do fundo, temperatura, profundidade, transparência da água e intensidade das correntes, o que pode elevar o tempo demandado para realizar as operações e reduzir o grau de limpeza (CARVALHO, 2016). Por esse motivo, dependendo das condições impostas pelos conflitos, pode não ser a melhor opção apesar de sua efetividade e segurança. Por esta razão é que a caça e a varredura de minas devem ser complementares.

### **3. O PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS (PROSUB)**

O Brasil, por apresentar dimensões continentais de aproximadamente 8,5 mil quilômetros de costa, tem o ambiente marítimo como referência em seu desenvolvimento. Esse ambiente além de ser fonte de alimentos e abranger diversas riquezas minerais e energéticas, é palco para atividades pesqueiras, comércio exterior e exploração de recursos tanto minerais quanto biológicos. Vale ressaltar que o mar é responsável por 95% de nossas exportações e importações, e nele localizam-se 90% das reservas petrolíferas nacionais, justificando a riqueza e imensidão desse território de 3,5 milhões de quilômetros quadrados e a conseqüente analogia entre nossos mares e a Amazônia, denominando este território de Amazônia Azul. O Brasil solicitou à Organização das Nações Unidas (ONU) a ampliação do controle da ZEE para cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados, o que representa mais da metade do território terrestre do país. A referida ampliação tem relevância estratégica e econômica considerando-se a admirável quantidade de óleo na região (IPEA, 2018).

De acordo com o Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040), os espaços marítimos, devido às riquezas que abrangem, tornaram-se alvo de profundas disputas entre Estados no cenário contemporâneo. Os confrontos armados, motivados principalmente pela disputa de recursos naturais, são atualmente híbridos, ou seja, combinam múltiplos instrumentos de guerra convencional e não convencional, o que torna imprescindível uma rigorosa prontidão dos Sistemas de Defesa, englobando tanto as Forças Armadas quanto os demais segmentos da sociedade, de forma a robustecer todas os aspectos da soberania nacional.

Além disso, o PEM 2040 ressalta o conceito de “territorialização” do mar, devido às fontes valiosas de recursos econômicos encontradas na Amazônia Azul, em razão da

intensificação de pesquisa e exploração do Poder Marítimo. Sob essa perspectiva, além do Combate no Mar, visando a consecução dos objetivos políticos orientados pelo continente, se fez necessária a introdução de um novo conceito, o Combate pelo Mar, tendo em vista o potencial de recursos que engloba.

Portanto, conforme ressaltado no PEM 2040, os espaços marítimos desempenham papel fundamental para o desenvolvimento nacional e frente aos novos desafios representados pelos conflitos híbridos, faz-se necessária elaboração de precisa estratégia, visando o patrulhamento, dissuasão e proteção eficiente desse ambiente. De acordo com a Estratégia Nacional de Defesa (END), para garantir a proteção da Amazônia Azul é necessário:

Para assegurar a tarefa de negação do uso do mar, o Brasil contará com força naval submarina de envergadura, composta de submarinos convencionais e de submarinos de propulsão nuclear. O Brasil manterá e desenvolverá sua capacidade de projetar e de fabricar tanto submarinos de propulsão convencional, como de propulsão nuclear. Acelerará os investimentos e as parcerias necessários para executar o projeto do submarino de propulsão nuclear. Armará os submarinos com mísseis e desenvolverá capacitações para projetá-los e fabricá-los. Cuidará de ganhar autonomia nas tecnologias cibernéticas que guiem os submarinos e seus sistemas de armas, e que lhes possibilitem atuar em rede com as outras forças navais, terrestres e aéreas. (END, 2012, p.70).

Por conseguinte, depreende-se a relevância dos submarinos na composição da estratégia naval visando assegurar a negação do uso do mar pelo inimigo e proteger o território marítimo nacional. Os submarinos, por operarem sob o mar, são difíceis de serem detectados por outros navios, detendo assim, a iniciativa de ataque, constituindo meio essencial de dissuasão no ambiente naval (PINTO, 1989 *apud* SILVA, 2018). Além disso, são capazes de realizar ataques a longa distância e com grande precisão, quando munidos de torpedos, apresentando excelente poder de destruição.

Portanto, com a intenção de manter a soberania brasileira no mar, faz-se necessário defender esse patrimônio natural, contribuindo para a consecução dos Objetivos Nacionais, inscritos na Política Nacional de Defesa (PND) e baseada nas tarefas estratégicas previstas na END, a MB desenvolveu o Programa de Desenvolvimento do Submarino (ProSub), visando a construção de uma força submarina moderna e eficiente (JÚNIOR, 2019).

O ProSub, criado em 2008, representa uma parcela de extrema relevância dos investimentos realizados pela Marinha do Brasil no desenvolvimento da indústria naval e no crescimento da força naval, além de revolucionar a tecnologia brasileira e incentivar a capacitação do pessoal e a soberania nacional. Tal programa tem como objetivo a fabricação de quatro submarinos convencionais e um submarino de propulsão nuclear, através de

transferência de tecnologia entre Brasil e França. Contempla, também, a construção de um parque industrial e de apoio à operação dos submarinos, que compreende os Estaleiros, a Base Naval e a Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM) no município de Itaguaí (JÚNIOR, 2019).

Como primeiro resultado do programa, tem-se o submarino convencional S40 Riachuelo, lançado ao mar em 2018 e incorporado ao Setor Operativo da Marinha do Brasil em setembro do ano de 2022. O S41 Humaitá, também convencional e próximo da linha de produção, está passando por testes e em dezembro de 2020 foram realizados seu batismo e lançamento ao mar. Foi realizada, ainda, a integração das seções do submarino “Tonelero”. Está previsto o lançamento do “Tonelero” (S-42) em 2023 e o “Angostura” (S-43) em 2024. Enquanto o primeiro submarino convencionalmente armado com propulsão nuclear, “Álvaro Alberto” (SCPN), está previsto para ser lançado em 2033 ((JÚNIOR, 2019).

Tendo em vista que o grande objetivo do ProSub é a construção do submarino com propulsão nuclear, vale ressaltar as diferenças principais entre este meio e o submarino convencional, objetivando compreender suas importantes vantagens.

### 3.1 DIFERENÇAS ENTRE O SUBMARINO CONVENCIONAL E O SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR

Os submarinos convencionais, amplamente empregados por diversos países, dispõem de propulsão diesel-elétrica composta por motores a diesel, os quais por meio da queima de combustível fóssil, recarregam uma série de baterias responsáveis por fornecer energia ao sistema propulsor e demais equipamentos fundamentais para o desempenho do submarino. No entanto, este tipo de propulsão não permite o pleno desenvolvimento da principal característica do submarino: ocultação, tendo em vista que periodicamente precisam se expor até uma profundidade próxima da superfície do mar, a fim de expelir os gases provenientes da combustão e renovar o ar, obtendo o oxigênio necessário para o funcionamento do motor. Portanto, tais meios possuem autonomia limitada (dependem da capacidade das baterias de armazenar energia) e são mais vulneráveis, pois ao emergirem próximo à superfície, podem ser detectados por radares de navios e aeronaves. Desse modo, sua mobilidade torna-se limitada, visando a mínima exposição e a manutenção da ocultação, devem, sempre que possível, economizar energia, evitando operar com altas velocidades e navegar grandes distâncias. Por

este motivo que são mais empregados em áreas limitadas, nas quais realizam patrulhas a baixa velocidade, sendo geralmente empregados em áreas litorâneas. (JUNIOR, 2020).

Em contrapartida, o submarino com propulsão nuclear dispõe de um reator de potência nuclear, o qual através da decomposição de urânio, gera grande quantidade de calor de forma constante, iniciando, assim, o processo de transformação de energia e possibilitando o funcionamento dos propulsores. A partir deste mecanismo, eliminou-se a vulnerabilidade existente nos submarinos convencionais: dependência do ar. Seu grande diferencial é, portanto, sua capacidade de operar de forma anaeróbica, viabilizando permanência submersa teoricamente ilimitada, tendo em vista que dispondo de poucos quilos de combustível de urânio é possível navegar centenas de milhares de quilômetros. Dessa forma, este tipo de meio possui sua autonomia limitada apenas por sua capacidade de abastecimento de gêneros para manter sua tripulação e possíveis avarias. Além disso, a propulsão nuclear possibilita ao submarino desenvolver velocidades maiores qualificando-o para ser empregado em uma grande variedade missões de negação de áreas marítimas, de acompanhamento e vigilância de comboios e de forças-tarefas de navios de superfície. Vale ressaltar, também, que devido a presença do reator nuclear, possuem estrutura mais robusta, possibilitando-o alcançar profundidades maiores. No entanto, a produção de um submarino deste tipo demanda elevados investimentos para suprir os custos de obtenção e construção. (GALANTE, 2013 *apud* JUNIOR, 2020)

A partir das características de ambos os submarinos, convém ressaltar as diferenças entre eles a fim de verificar como utilizá-los de forma vantajosa de acordo com o objetivo do emprego. Conforme visto anteriormente, o submarino nuclear utiliza a estratégia de movimento (desenvolve altas velocidades e navega grandes distâncias), enquanto o convencional utiliza a de posição, portanto, é importante que uma Força Naval seja munida por ambos os tipos. Como exemplo, pode-se citar o melhor desempenho dos submarinos convencionais em águas costeiras quando, desenvolvendo baixas velocidades, emitem menos ruído que os nucleares, os quais a baixas profundidades são facilmente detectados devido ao ruído característico que emitem em virtude, principalmente, das bombas responsáveis pela circulação de líquidos refrigerantes para o reator. Dessa forma, pode-se depreender a importância estratégica dos submarinos convencionais nas operações na faixa costeira brasileira. Com relação aos submarinos nucleares, estes se fazem importantes, por exemplo, devido ao seu alto desempenho (desenvolve altas velocidades e apresenta grande autonomia), que possibilita a MB atuar no atlântico sul, realizar encontro, ou até mesmo perseguição e engajamento de algum contato com maior sucesso. Enquanto o convencional, com mobilidade mais limitada, aguarda em ponto

estratégico a aproximação de alvos ou atuam em áreas de interesse delimitadas. Portanto, tais meios são complementares e ambos são importantes estrategicamente (GALANTE, 2013 *apud* JUNIOR, 2020).

### 3.2 CAÇA DE MINAS E OS SUBMARINOS DE PROPULSÃO NUCLEAR

As Contramedidas de Minagem no canal de acesso à Base de Submarinos da Ilha da Madeira, que irá abrigar o submarino nuclear, são medidas de segurança imprescindíveis para a manutenção da segurança nacional, considerando-se que a entrada e saída de portos desses submarinos é extremamente sensível, uma vez que um acidente com tal meio poderia causar consequências catastróficas para o meio ambiente. Vale ressaltar que as minas marítimas atuam de forma passiva, sem emitir ruídos, por isso, constituem potencial ameaça, sobretudo, aos submarinos, já que estes possuem como principal mecanismo de defesa a escuta das possíveis ameaças (CRIMMINS, 1995). Dessa forma, as Marinhas que dispõem desse excelente meio dissuasivo, como a Marinha dos Estados Unidos, russa, britânica, francesa, chinesa e indiana, consideram mandatória a realização de Operações de CMM por meio da Caça de minas antes de operar com esse meio, objetivando evitar possíveis acidentes, tais como colisão com embarcações hostis ou minas inimigas (FREITAS, 2011).

As minas, conforme visto anteriormente, podem ser usadas ofensivamente, conforme pode ser observado na visão estratégica naval chinesa, a qual considera mais eficiente o estabelecimento de campos minados em áreas disputadas ou controladas pelo inimigo, bloqueando, por exemplo, a passagem de submarinos inimigos, restringindo a manobrabilidade de tais meios (BRASIL, 2017, p. 3-7 *apud* PIMENTEL, 2018). Assim, um meio extremamente moderno e dissuasivo como o submarino nuclear pode ser completamente neutralizado através de implementação de artefatos explosivos de baixíssimo custo, como a mina naval, pondo em risco todo o investimento aplicado ao submarino. Por isso é importante o investimento nas CMM.

Considerando-se que a instalação propulsora nuclear (IPN) possui igual funcionamento ao de uma usina termonuclear, pode-se depreender que, qualitativamente, os riscos de exposição radiológica são análogos. Portanto, o processo de geração de energia não se altera, ou seja, emprega-se os mesmos radioisótopos tanto no núcleo de um reator de propulsão naval quanto no reator de uma usina termonuclear. No entanto, a quantidade destas partículas é proporcional ao tamanho do reator, assim as consequências provenientes de um acidente



envolvendo o reator de um submarino nuclear seriam de dimensão significativamente inferior se comparadas com as de um reator de uma central nuclear, porém de mesma relevância (GUIMARÃES, 1999).

Dessa forma, a explosão de um submarino nuclear devido a presença de uma mina naval pode ocasionar a dispersão de quantidade significativa de material radioativo tanto no ambiente marinho quanto na atmosfera, causando profundos impactos na saúde humana e no meio ambiente. Tal acidente acarretaria a contaminação da água com radioisótopos perigosos, como o céscio-137 e o estrôncio-90, provenientes da fissão do urânio e plutônio do reator nuclear, podendo causar contaminação da cadeia alimentar, que poderia causar acúmulo de material radioativo ao longo da cadeia, representando grande risco para o ser humano, além da redução da biodiversidade marinha. A contaminação da atmosfera com tais partículas radioativas também representaria grave ameaça para a saúde humana, podendo causar câncer, danos ao DNA, problemas neurológicos entre outras doenças, principalmente para as comunidades mais próximas ao local da explosão (GUIMARÃES, 1999).

A partir do exposto acima, percebe-se que os submarinos nucleares exigem o estabelecimento e rigoroso cumprimento de normas relacionadas à segurança, objetivando reduzir ao máximo o risco de acidente, tendo em vista as consequências que poderiam ser causadas caso o reator nuclear sofresse algum dano. Uma dessas normas deverá ser a realização de operações de caça de minas, conforme é realizado pelas demais nações que empregam esse meio. Portanto, em paralelo à construção do submarino nuclear, a MB deve estudar formas de aprimorar as CMM, visando garantir a segurança da navegação ao longo do canal marítimo de acesso a Base Naval de Itaguaí, levando-se em consideração a aquisição de meios modernos e eficientes para tal fim, como veículos marítimos não tripulados, conforme será abordado no próximo capítulo (JUNIOR, 2019).

A marinha dos Estados Unidos, referência internacional, conforme dito anteriormente, realiza caça de minas ao longo de seus canais antes de operar com submarinos nucleares, a fim de verificar a existências de possíveis ameaças, como: minas navais, obstruções que impossibilitem a navegação do submarino e hidrofones (realizam a coleta dos dados de assinatura dos submarinos, visando identificá-lo futuramente, impedindo que permaneça oculto). Durante essas operações é realizado, também, o mapeamento do fundo marinho e os dados obtidos são armazenados em um Banco de dados (BD), onde são comparados com informações preexistentes e se qualquer discrepância for observada e classificada como possível ameaça, os meios de caça de minas realizarão a investigação e classificação do objeto.

Constatada a existência de uma ameaça, será dado início a uma série de procedimentos para realizar sua neutralização, através de grupo de desativação de artefatos explosivos (GDAE) ou por meio do emprego de veículos autônomos ou remotamente controlados, que serão estudados no próximo capítulo, por serem mais eficientes e por não apresentarem riscos à vida humana. (JUNIOR, 2019).

#### **4. AS CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM DAS MARINHAS DOS ESTADOS UNIDOS, CHINA E SUÉCIA**

##### **4.1 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA *UNITED STATES NAVY* (USN)**

As análises da visão de futuro e da atual capacidade de CMM da USN são de extrema relevância, tendo em vista que atualmente é uma das Marinhas mais bem equipadas do mundo. Nos últimos anos a USN tem investido ativamente no setor e a partir da sua visão de futuro é possível depreender que seu objetivo principal em relação às CMM é reduzir o tempo de suas operações, garantir maior segurança para seus navios e para a navegação e, principalmente, investir em sistemas autônomos ou remotamente controlados, a fim de salvaguardar a vida humana, retirando o homem dos campos minados.

A USN realiza operações de varredura e caça de minas, dispendo de oito Navios Caça Minas (NCM) da classe *Avenger* ainda na ativa e capazes de desenvolver até quatorze nós. Esta velocidade, no entanto, é considerada insatisfatória, levando-se em consideração que os EUA atuam em teatros de operações distantes, às vezes faz-se necessário seu transporte em navios de carga. Estes navios possuem cascos de madeira com revestimento externo de fibra de vidro e passaram por um processo de modernização, visando aumentar sua vida útil até que novas soluções mais eficientes e eficazes sejam implementadas (BYKOW, 2020).

Dessa forma, diversas atualizações foram realizadas, das quais destaca-se um novo sistema de CMM que foi integrado aos navios, o *Expandable Mine Neutralization System* (EMNS). Desenvolvido para neutralizar minas de fundo, este sistema foi responsável por implantar o neutralizador de minas comum escolhido pela USN para equipar todas as plataformas de CMM, o *Archerfish*, veículo subaquático remotamente controlado, que através de sonar e câmera de vídeo, detecta, localiza e, quando comandado pelo operador, neutraliza as mais modernas minas marítimas através de uma ogiva com carga moldada, reduzindo

drasticamente o tempo necessário e recursos dispendidos, contribuindo, assim, para melhor eficácia e eficiência (BYKOW, 2020).

No entanto, como resultado do novo foco da USN em CMM, os navios da classe *Avenger* serão substituídos tanto por navios de combate litorâneo (LCS) da classe *Freedom* e *Independence* quanto por plataformas que utilizam veículos aéreos de superfície e submarinos não tripulados para realizar a detecção e destruição das minas navais, configurando em uma transformação relevante para que possa enfrentar as futuras ameaças provenientes da Guerra de Minas (TRUVER, 2012, p.49 *apud* BYKOW, 2020)

Os LCS, portanto, foram projetados para revolucionar as operações de CMM da USN. São, em sua essência, navios de superfície, com monocasco de aço e superestrutura de alumínio, projetados para operarem em águas rasas e têm como principal aplicação a defesa da costa, combatendo estratégias de Antiacesso/Negação de Área (A2/AD), que visam impedir que a força inimiga opere próximo ao litoral a ser defendido, mediante defesas em camadas e de forma assimétrica (LONG; JOHNSON, 2007 *apud* BYKOW, 2020). Um exemplo disso, conforme citado anteriormente, ocorreu durante a Guerra da Coreia, na qual os norte-coreanos conseguiram impedir o desembarque e o consequente acesso das Forças dos Estados Unidos da América (EUA) em *Wonsan* através do estabelecimento de campo minado. Desta forma, foi observado que os EUA careciam de estrutura adequada para fazer frente a certas ameaças no litoral, como submarinos, minas e pequenas embarcações fortemente armadas, corrompendo, assim, sua superioridade marítima em regiões litorâneas, frustrando operações contínuas nessas áreas.

Atualmente a USN dispõe de vinte e quatro LCS, sendo quatorze da Classe *Independence* e dez da Classe *Freedom*. Os LCS, apesar de terem como foco áreas litorâneas, também podem operar em águas profundas. Esses navios possuem a capacidade de desenvolver velocidade de até quarenta e cinco nós, desempenham múltiplas tarefas, sendo capazes de responder a ameaças submarinas, aéreas, de minas e de superfície. Eles também dispõem de diversos sensores e sistemas modernos, que fornecem maior automação, reduzindo custos com tripulação e elevando o grau de segurança das operações. Em contrapartida, a tecnologia necessária elevou os custos de desenvolvimento e construção (JÚNIOR, 2019).

Após a Guerra Fria, houve certa pressão para que se reduzisse os orçamentos militares, assim, visando manter a operatividade e prontidão, mesmo com o corte de gastos, surgiu a modularização, que passou a compor, também, os LCS (ALVES, 2021). De acordo com

Comando de Sistemas Marítimos Navais da USN, os pacotes de missões podem ser embarcados conforme as atividades que serão desempenhadas, sendo intercambiáveis em um curto período, permitindo flexibilidade e respostas mais adequadas às ameaças. Vale ressaltar que a flexibilidade operacional proporcionada pela modularidade reduz significativamente os custos ao longo da vida útil esperada, já que são facilmente reconfigurados, dispensando a necessidade de um estaleiro especializado. Além disso, esses pacotes de missões podem ser aplicados em outras classes de navios.

Esses módulos são especializados em CMM, guerra de superfície (SUW) e guerra antissubmarino (ASW), configurando-se essenciais para transpor as ameaças atuais, garantindo superioridade e defesa litorânea. O pacote de missão de CMM dos LCS engloba oito sistemas, os quais, com exceção do *Remote Minehunting System WLD-1 (RMS)*, do sistema *Coastal Battlefield Reconnaissance & Analysis (COBRA)* e do UUV de CMM, serão operados através do helicóptero MH-60S, do qual os LCS constituem suas principais plataformas (BYKOW, 2020).

Assim, as aeronaves de asa rotativa MH-60S, ao operarem diversos sistemas, são meios essenciais nas operações de CMM, sendo capazes de detectar, identificar e neutralizar minas através de sensores e sistemas modernos. Os helicópteros multimissão MH-60S dispõem de dois sistemas de CMM: o *Airborne Laser Mine Detection System (ALMDS)* e o *Airborne Mine Neutralisation System (AMNS)*. O primeiro é responsável por realizar a detecção das minas através de um laser, garantindo maior velocidade de varredura e reduzindo significativamente o tempo das operações. O segundo sistema, por sua vez, é responsável pela neutralização das minas (JUNIOR, 2019).

Além disso, conforme citado anteriormente, os LCS possuem o sistema *Coastal Battlefield Reconnaissance and Analysis (COBRA)*, cuja missão é realizar o reconhecimento tático aéreo através da aeronave não tripulada (UAV) *MQ-8 Fire Scout*, a fim de detectar e localizar campos minados em áreas litorâneas e obstáculos dentro da zona de arrebentação e zona de praia antes das operações de assalto anfíbio. Dessa forma, esse sistema eleva, consideravelmente, a segurança das operações, permitindo que a tripulação permaneça a uma distância segura dos campos minados e possibilitando, também, a antecipação e, conseqüentemente, melhor preparo da força frente às ameaças, tendo em vista que permite a detecção de minas e obstáculos que poderiam inibir a mobilidade e provocar acidentes com perdas de vidas humanas (BURGESS, 2021).

Além da aeronave não tripulada, os LCS também possuem à disposição um veículo submarino não tripulado, o UUV *Knifefish*, que através de um sensor externo, detecta, evita e registra as posições das minas em seu banco de dados e, posteriormente, envia essas informações para os LCS, que se encarregam de destruí-las. Durante sua operação o navio anfitrião se mantém fora da ameaça das minas, reduzindo o risco para o pessoal. Além disso, também realiza o levantamento de dados ambientais para o setor de inteligência e que são relevantes para outros sistemas de CMM.

O *Remote Minehunting System* (RMS) também constitui importante componente do pacote de missão de CMM dos LCS. Esse sistema utiliza o *Semisubmersible Remote Multi-Mission Vehicle* (RMMV), pequeno submarino com *snorkel*, que pode ser remotamente controlado ou autônomo. Este veículo reboca sonar de profundidade variável, localizando e classificando minas de fundo e fundeio, possibilitando o retorno de outros sistemas, que se encarregarão de destruí-las ou permitindo o delineamento dos campos minados (KELLER, 2007).

Por fim, os LCS também possuem o *Unmanned Influence Sweep System* (UISS), o qual realiza varredura acústica e magnética e tem a capacidade de detonar minas de fundo e de fundeio. O UISS é um veículo de superfície não tripulado (USV), que opera em rotas previamente planejadas e, através de radar e câmera de vídeo, fornece consciência situacional ao operador remoto. Além disso, alimenta e reboca o *Unmanned Surface Sweep System*, que possui um gerador de campo magnético e um gerador acústico que geram, respectivamente, assinaturas magnéticas e acústicas para detonar as minas (JUNIOR, 2019).

A visão de futuro da USN inclui, além dos meios navais, sistemas e sensores abordados, a inteligência como fator primordial para as operações de CMM. Após os desafios enfrentados durante a Guerra do Golfo, na qual diversas operações de caça e varredura foram realizadas em áreas que não apresentavam ameaça de minas, comprovou-se a importância do serviço de inteligência. Em consequência disso, os EUA acompanham o desenvolvimento e a comercialização de minas, assim como analisam as Ordens de Batalha dos adversários em potencial, a fim de adquirir informações estratégicas e táticas que auxiliarão no planejamento e condução das ações de CMM estadunidenses. Não obstante, foi criado um programa de pesquisa com o objetivo de realizar o levantamento de dados relevantes para as operações CMM de seus principais portos e vias navegáveis, visando aprimorar suas estratégias de CMM. (NAVY MINE WARFARE, 2009 *apud* BYKOW, 2020).

Dessa forma, pode-se perceber que a Força de CMM da USN encontrava-se obsoleta com a Classe *Avenger*, mas foi revitalizada com os LCS e seus pacotes de missão, assim como com o desenvolvimento do helicóptero MH-60S. No entanto, cinco LCS foram retirados do serviço ativo nos últimos anos, sendo três da Classe *Freedom* e dois da Classe *Independence*. Isso levanta certas dúvidas sobre a efetividade dos LCS, que sofreram incidentes de manutenção envolvendo os motores e equipamentos de propulsão associados durante operações. Como exemplo pode-se citar o incidente que ocorreu com *Milwaukee* (LCS-5), que teve que ser rebocado de volta ao porto, em dezembro de 2015, ao sofrer avaria devido a problemas na mudança do sistema de turbina a gás para o do motor. O foco na inteligência foi um aspecto positivo da visão de futuro da CMM dos EUA.

#### 4.2 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA PEOPLE'S LIBERATION ARMY NAVY (PLAN)

Conhecida como Marinha Popular ou Marinha Chinesa, a PLAN corresponde à Marinha do Exército de Libertação Popular (ELP) e é frequentemente comparada com a USN. Em 2020, a PLAN ultrapassou numericamente a Marinha dos EUA, sendo reconhecida por possuir a maior frota naval do mundo, dispondo de trezentos e quarenta navios de guerra, de acordo com o Relatório de Poder Militar da China de 2022 do Pentágono. A USN, por sua vez, dispõe de menos de trezentos navios, ganhando apenas em termos de tonelagem e tecnologia.

A PLAN foi fundada em 1949, quando o Partido Comunista da China assumiu o poder e começou a evoluir na década de 1950, durante a Guerra da Coreia e do Vietnã, momento em que a Marinha recém-formada recebeu assistência da União Soviética, por meio de conselhos navais e exportação de equipamentos e tecnologias. No entanto, até o final da década de 1980, era considerada uma força ribeirinha e litorânea. Após sua abertura econômica, em 1978, os estrategistas da PLAN dedicaram seus estudos a guerras navais do passado, buscando aprofundar seus conhecimentos sobre a doutrina e as capacidades do ocidente. Como consequência desses estudos, extraíram a relevância das minas navais (ERICKSON et al., 2009 *apud* BYKOW, 2020).

Este capítulo tem como fonte principal um relatório realizado pelo Instituto de Estudos Marítimos da China (CMSI), que se baseia em fontes de língua chinesa para aprofundar conhecimentos relacionados ao desenvolvimento, capacidades e tendências marítimas da

China, servindo de base para líderes civis e militares envolvidos na segurança nacional dos EUA. No entanto, diversas informações e documentos são considerados, pelo governo chinês, muito sensíveis para a divulgação pública, por isso, o relatório analisado e, conseqüentemente, este capítulo, apresentam uma imagem parcial e provavelmente incompleta acerca da atual capacidade e desenvolvimento relacionado às CMM da China (WAIDELICH, 2023).

A PLAN realizou diversos investimentos e avanços em seu programa de CMM nos últimos anos. Atualmente dispõe de cerca de sessenta navios e embarcações, incluindo classes de caça-minas e varredores, comissionados principalmente na última década, assim como veículos de superfície não tripulados (USVs) e remotamente controlados (ROVS) com capacidade de neutralização explosiva demonstrada. No entanto, especialistas militares chineses afirmam que, para fazer frente às ameaças representadas pelas minas navais em contingências futuras, deve-se investir em veículos subaquáticos autônomos (UUVs) e na implantação de pacotes de missão de CMM modularizados, como ocorre nos LCS da USN. Além disso, ressaltam a importância da mobilização de ativos civis, como navios e helicópteros para apoiar as operações de CMM (WAIDELICH, 2023).

O atual inventário da PLAN é composto por quatro classes de navios e embarcações dedicados a CMM. A Classe *Wochi* (MCM) é composta por quatorze navios, sendo quatro do Tipo 081 e dez do Tipo 081A, que entraram em serviço em 2007 e em 2012, respectivamente. Estes navios possuem capacidade de realizar varredura acústica, magnética e mecânica e substituíram os T-43. Já a classe *Wozang* (MHS), é formada por seis caça-minas com casco aparentemente de plástico reforçado com vidro, a fim de reduzir sua assinatura magnética, e possui, também, mecanismo acústicos que reduzem seu próprio ruído (TRUVER, 2011, p.60 *apud* BYKOW, 2020). Os navios desta classe podem operar até três veículos de superfície remotamente controlados da Classe *Wonang* (MSI), a qual possui cerca de quinze veículos desse tipo, que atuam predominantemente nas áreas portuárias. A Classe *Wosao* (MSC), por sua vez, dispõe de quatro navios do Tipo 082 e doze do Tipo 082I, comissionados em 1988 e em 2004, respectivamente. Tais navios possuem casco de aço e realizam varredura mecânica, magnética, acústica e infrassônica nas áreas costeiras. De acordo com as informações publicamente divulgadas, esses navios e embarcações possuem capacidades e alcances limitados às áreas portuárias e costeiras e podem não ter a capacidade de abranger totalmente as águas dentro da Primeira Cadeia Insular. Com relação aos meios aéreos, não há declarações de operações utilizando helicópteros, mas alguns autores o consideram como equipamento básico. (WAIDELICH, 2023).

Os navios de CMM operam pelo menos dois tipos de veículos remotamente controlados (ROVs), que realizam a neutralização de minas. Um vídeo divulgado em 2020, durante um exercício, mostra o lançamento de um grande "Veículo de Neutralização de Minas" a partir do caça-minas Donggang, da classe Wozang. O ROV mostrado no vídeo pode não possuir sonar, mas realiza a neutralização das minas através da implantação de cargas explosivas e possui câmera de vídeo e cortador para romper os cabos das minas de fundeio. Assim, este veículo se assemelha ao Sistema de neutralização de minas da USN, apesar de parecer, em design, com o sistema italiano *Pluto Plus*. O veículo em questão é mostrado na imagem abaixo (ERICKSON et al., 2009 *apud* BYKOW, 2020).

Figura 1- O MHS Donggang da Classe Wozang realizando o lançamento de um veículo de neutralização de minas.



Elaborado por WAIDELICH, B. e POLLITT, G. *China Maritime Report No. 29: PLAN Mine Countermeasures*. U.S. Naval War College. p. 27. 2023.

Um segundo tipo de ROV foi brevemente filmado durante um exercício e divulgado em uma reportagem da mídia estadual em 2021. No entanto, este ROV é menor que o anteriormente mencionado (WAIDELICH, 2023).



Conforme mencionado anteriormente, a Marinha chinesa possui atualmente, em serviço ativo, cerca de quinze veículos de superfície remotamente controlados. Entretanto, autores militares e civis da PLAN classificam a capacidade dos veículos de superfície remotamente controlados (USVs) da Classe *Wonang* como insuficientes e ressaltam a importância do desenvolvimento de veículos de superfície autônomos. De acordo com *Wang Jin*, engenheiro do Departamento de Equipamentos da PLAN, os USVs, equipados com tecnologia autônoma, são a plataforma não tripulada mais adequada para operações de CMM. Ainda segundo *Wang*, a China tem diversas organizações não especificadas se dedicando ao desenvolvimento destes veículos (WAIDELICH, 2023).

A Marinha Chinesa também apresenta interesse em desenvolver veículos subaquáticos autônomos (UUVs), de acordo com artigos de especialistas militares e civis. Segundo *Wang Song*, engenheiro especialista em validação de tecnologia UUV, a fim de reduzir gastos com plataformas e elevar a segurança, diversos países investiram em UUVs autônomos para substituir ou, pelo menos, complementar as operações de CMM tripuladas. Ainda segundo *Wang*, a China deve agilizar o desenvolvimento de seus próprios UUVs, tendo em vista a importância dos meios autônomos e a sua defasagem em relação aos outros países, já que as atuais medidas de CMM são desempenhadas principalmente por navios de superfície tripulados (WAIDELICH, 2023).

Em janeiro de 2023, a China lançou o primeiro transportador de drones não tripulado do mundo, o *Zhu Hai Yun*, que tem potencial para ser usado como nave-mãe em operações de CMM, lançando e recuperando drones aéreos, de superfície e subaquáticos para a neutralização das minas. Este navio foi projetado com o intuito de ser empregado em pesquisas científicas, mas sua função militar não pode ser desprezada, principalmente devido à sua capacidade de coordenar, lançar e recuperar cerca de cinquenta drones aéreos em uma viagem sem a necessidade de operadores especializados (WAIDELICH, 2023).

Além disso, é equipado com o *Intelligent Mobile Ocean Stereo Observing System* (IMOSOS), um sistema de inteligência artificial que possibilita a navegação remota e autônoma, a qual é utilizada apenas em águas abertas através de sensores modernos. Esta embarcação possui recursos significativos para impulsionar o desenvolvimento de sistemas não tripulados (WAIDELICH, 2023).

Diversos estrategistas chineses ressaltam a importância do desenvolvimento de capacidade orgânica de CMM, através da implementação de equipamentos modulares em navios não especializados, como fragatas e contratorpedeiros, para que estes meios possam

evitar e, até mesmo, limpar minas navais em situações de emergência, reduzindo, assim, suas próprias baixas. Essa capacidade é vital em operações distantes, fora da Primeira Cadeia de Ilhas, fora do alcance dos navios dedicados a CMM (WAIDELICH, 2023).

Dessa forma, é possível concluir que as CMM da China, encontram-se defasadas quando comparadas às tecnologias e doutrinas ocidentais, no entanto, tem-se investido em tecnologias inovadoras e no aprimoramento da capacitação dos militares através de exercícios frequentes e bem planejados. Assim, percebe-se que as CMM da PLAN estão em evolução principalmente devido ao investimento em veículos não tripulados. A sua força de CMM, permanece obsoleta, tendo em vista que apesar de possuir quantidade significativa de meios, a maioria deles opera exclusivamente em áreas costeiras, portuária e em canais, possuindo limite de atuação (WAIDELICH, 2023).

#### 4.3 AS OPERAÇÕES DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM NA *ROYAL SWEDISH NAVY* (RSwN)

A Marinha da Suécia comemorou, neste ano, seu 500º aniversário, evidenciando ser uma Marinha com longa tradição naval e experiência. A RSwN tem como foco a defesa da costa e possui apreciável conhecimento nas Operações de CMM, em parte devido aos resquícios oriundos das Primeira e Segunda Guerras Mundiais, no Mar Báltico e no Mar do Norte, que banham a costa da Suécia. Durante esses conflitos, destacou-se a Guerra de Minas, a partir da qual foram implantadas cerca de sessenta mil minas navais, assim como obstáculos anti-varredura, tornando o Mar Báltico e, principalmente, o Golfo raso da Finlândia, em uma das águas com maior presença de minas do mundo. Até hoje, em exercícios e operações de CMM, a RSwN desativa minas remanescentes desses conflitos e, segundo o Contra-Almirante *Jens Nykvist*, chefe da Marinha Real Sueca, estima-se que ainda há cinquenta mil minas na região.

Vale ressaltar, ainda, que a configuração geográfica da Suécia permite a eficácia e favorece o estabelecimento de campos minados, considerando-se a quantidade significativa de ilhas, lagos e rios, além dos seus famosos canais marítimos: *Skagerrak*, *Kattegatt* e *Öresund*, que possuem tráfego intenso e estabelecem a conexão ente o Mar Báltico e o Mar do Norte. Por esse motivo, a Suécia buscou desenvolver a defesa da costa principalmente através das CMM se especializando em caça de minas.

As operações de CMM são realizadas por cinco navios da Classe *Landsort*, construídos em 1982 e 1993 pela empresa *Svenska Aeroplan Aktiebolaget* (Saab), que também ficou encarregada pela modernização dessa Classe entre os anos de 2007 e 2010, quando foram

renomeados como Classe *Koster*. Estes *mine-countermeasures vessels* (MCMVs), segundo a Saab, possuem cascos feitos de plástico reforçado com fibra de vidro (GRP), característica inovadora desenvolvida com o auxílio da Administração de Materiais de Defesa Sueca (FMV) e que confere diversos benefícios, sendo um deles o fato de ser completamente amagnético. A Classe *Koster* tem capacidade de realizar varredura e caça de minas, assim como guerra antissubmarino (ASW), configurando, assim, em navios multipropósito (JÚNIOR, 2019).

Os navios componentes da Classe *Koster* podem realizar varredura mecânica e varredura de influência magnética e acústica, sendo esta última realizada através do veículo de superfície não tripulado (USV) autopropulsado Acústico-Magnético (SAM). De acordo com a Saab, este veículo pode ser configurado para operar de forma autônoma ou remotamente controlado, sendo eficiente tanto em águas rasas quanto em áreas portuárias ou próximas de arquipélagos, canais e estreitos de navegação e possui resistência a detonações de minas próximas. Além disso, possuem a propriedade de modularidade, tendo em vista que podem ser facilmente transportados em um contêiner por terra, mar ou ar, podendo ser lançado a partir de qualquer navio e sua implantação é rápida, podendo ser realizada em vinte e quatro horas, conferindo-lhe flexibilidade (JÚNIOR, 2019).

Outro incremento realizado pela Saab foi a instalação do *Double Eagle* MKIII, veículo submersível remotamente controlado, dotado de um sonar de profundidade variável, que é capaz de detectar, identificar e neutralizar minas. Este veículo é lançado a partir de um navio-mãe e, conectado através de um cabo, opera a centenas de metros à sua frente, utilizando sonar de profundidade variável para detectar as minas e obter dados relevantes para pesquisa a partir da detecção e classificação de objetos submersos. O cabo que o conecta ao navio-mãe é responsável pela transmissão dos comandos e fornecimento das informações obtidas ao operador em tempo real, proporcionando a energia necessária para sua operação. Por operar à frente do navio-mãe e manter comunicação em tempo real com o operador, permitindo que este altere sua derrota quando achar necessário, o *Double Eagle* MKIII garante maior segurança do navio e da tripulação, além de maior precisão. O fato de operar por meio de um cabo pode ser visto como um aspecto negativo, já que tem sua autonomia dependente da capacidade de operação do navio-mãe. No entanto, apresenta alta efetividade devido à comunicação contínua com o operador e flexibilidade em função do seu projeto modular (JÚNIOR, 2019).

Além disso, emprega o *SeaFox*, veículo subaquático não tripulado (UUV), desenvolvido pela empresa alemã *Atlas Elektronik* para localizar e destruir minas. No entanto, também pode ser empregado em diversas tarefas, como pesquisar rotas, levantamento de dados para inteligência e vigilância portuária. O *SeaFox* é um Veículo Descartável de Minas (EMDV),

que ao detectar e localizar uma mina, choca-se contra ela, detonando carga explosiva localizada na sua parte frontal e destruindo, assim, a mina. Este EMDV pode ser configurado para atuar de forma autônoma ou remotamente controlado e é equipado com sonar, ecobatímetro e câmera de *closed-circuit television* (CCTV) para detectar e localizar minas. A comunicação entre o *SeaFox* e o navio-mãe ocorre, em tempo real, através do CCTV, conectado por um cabo de fibra óptica. Seu sistema de propulsão, alimentado por bateria, é formado por quatro motores e um propulsor vertical, assegurando, assim, boa manobrabilidade e precisão. Seu sistema de lançamento e recuperação pode ser instalado em diversas plataformas, como navios, barcos e, até mesmo, helicópteros. Sua operação é simples e é ideal para Marinhas com menos recursos, já que tem baixo custo de ciclo de vida, tendo em vista que os custos de funcionamento e substituição são relativamente baixos (JÚNIOR, 2019).

O emprego do *SeaFox* ocorre da seguinte forma: o caça minas identifica um contato através de seu sonar e, visando maior segurança, lança o *SeaFox* para classificar o tipo de contato. Assim, inicia sua busca através de seu sonar ou navega até os *waypoints* setados. Quando o veículo opera de forma autônoma, navega até o alvo e o identifica através de seus sensores eletrônicos, software, displays, destruindo-o caso necessário. Quando o *SeaFox* é remotamente controlado, faz-se uso do CCTV para identificar e destruir o alvo, obedecendo os comandos do operador (JÚNIOR, 2019).

Sendo assim, é possível notar que a RsWN emprega veículos não tripulados capazes de realizar varredura de influência magnética e acústica, visando alcançar maior segurança nas suas operações. Contudo, nota-se também que possui menor quantidade de meios quando comparada aos EUA, país que possui diversas bases espalhadas pelo mundo. Mas os meios e tecnologias que possui se adequam à sua realidade e objetivo de defender a sua costa. Seu foco em caça de minas se amolda às características das vias navegáveis da Suécia, com tráfego intenso e diversos perigos e obstáculos à navegação, onde deve-se utilizar velocidades mais baixas, o que condiz com a caça de minas, conforme ressaltado no capítulo dois.

## 5. CONCLUSÃO

Com a finalidade de elucidar o tema do presente trabalho, apresentou-se inicialmente diversos exemplos de conflitos navais nos quais o estabelecimento de campos minados foi crucial para o sucesso da batalha, comprovando a contribuição significativa das minas para a estratégia naval, principalmente no que tange à negação do uso do mar pelo inimigo. Além

disso, foram apresentados os esforços dispendidos para restabelecer a segurança da navegação, ilustrando a complexidade das operações de CMM e demonstrando a importância do investimento em novas tecnologias visando elevar a segurança, eficácia e eficiência das operações.

A partir da análise das capacidades operacionais dos navios da Classe Aratu, é possível depreender que estes navios se encontram naturalmente desgastados e tecnologicamente defasados. Além disso, realizam apenas operações de varredura, que apesar de necessitarem de menor tempo, vêm perdendo eficácia em virtude da evolução tecnológica das minas, principalmente com o advento do “contador” de navios. Por esse motivo, a aquisição de navios que desempenham a caça de minas é urgente e vital, pois apesar de ser uma operação mais lenta, garante maior grau de limpeza. Sendo assim, as atividades de varredura e caça de minas devem ser complementares.

Tendo em vista a extensão do litoral brasileiro e a importância da Amazônia Azul para o desenvolvimento do país, é de suma importância que nossa Marinha esteja apta a proteger este vasto território. Conforme visto anteriormente, o submarino nuclear possui inestimável valor para a estratégia naval devido à sua capacidade de ocultação nas batalhas navais constituindo, assim, em excelente meio de dissuasão. No entanto, algumas medidas de segurança devem ser implementadas para operar com tais meios, pois um acidente envolvendo um submarino nuclear poderia resultar em consequências catastróficas.

Conforme visto anteriormente, uma medida de segurança realizada por diversas Marinhas que possuem o submarino nuclear é a realização de operações de CMM antes de operá-lo. As informações obtidas com tais operações são comparadas com as armazenadas em um Banco de Dados (BD), que é realizado a partir de minucioso estudo do fundo marinho do entorno de suas bases, facilitando a descoberta de possível ameaça. Sendo assim, a Base de Submarinos da Ilha da Madeira, onde ficarão sediados, deve combinar operações de varredura e de caça de minas previamente à entrada e saída desses submarinos no seu extenso canal, que possui comprimento de cerca de vinte e uma milhas náuticas, assim como, confeccionar e atualizar constantemente um BD acerca deste canal.

Considerando tudo o que foi exposto até aqui é possível depreender a urgente necessidade de renovação dos meios do Comando da Força de Minagem e Varredura. A partir da análise das capacidades de CMM dos EUA, da China e da Suécia, é possível concluir que há uma tendência global que converge para a aquisição e investimentos em sistemas autônomos ou remotamente controlados, a fim de reduzir o tempo de suas operações, garantir maior

segurança para seus navios e salvaguardar a vida humana, afastando cada vez mais o homem dos campos minados. Dessa forma, serão abordadas a seguir as possíveis soluções para atualizar as CMM da MB.

A necessidade mais urgente é de adquirir novos NCM e NV com casco de plástico reforçado com vidro, material usado tanto pela Marinha da Suécia quanto pela PLAN; ou navios com casco de madeira com revestimento externo de fibra de vidro, utilizado pela Marinha dos EUA. Esses cascos são mais resistentes a explosões submarinas e apresentam baixas assinaturas magnéticas, constituindo opções excelentes para substituir os atuais NV da Classe Aratu, que possuem frágeis cascos de madeira.

As doutrinas operacionais modernas visam elevar a segurança das operações e, principalmente, retirar o homem dos campos minados. Para isso, a maioria dos países, conforme observado ao longo do trabalho, utiliza veículos subaquáticos não tripulados (UUV) para realizar a caça de minas. Estes UUVs navegam à frente do navio e transmitem ao navio-mãe os dados obtidos em tempo real. Assim, a ameaça é detectada antes que os navios-mãe e as tripulações sejam expostos às ameaças dos campos minados.

Dessa forma, deve-se, também, realizar esforço para adquirir sistemas autônomos ou remotamente controlados. Como a MB dispõe de poucos recursos, o primeiro passo deveria ser adquirir veículos subaquáticos remotamente controlados, por serem de menor custo. Portanto, o *Archerfish*, utilizado pela USN e o *Double Eagle* MKIII, usado pela RSwN, seriam meios excelentes para a MB iniciar seu processo de modernização, já que reduzem o tempo das operações e recursos dispendidos, elevam o grau de segurança e são capazes de neutralizar minas modernas.

Após estudar as capacidades de CMM da USN, é possível perceber a ênfase dada nas operações de CMM empregando as aeronaves de asa rotativa MH-60S. No entanto, esta solução se adequa melhor para uma Marinha expedicionária, que necessita operar em teatros de operações distantes, tendo em vista que o transporte de NCM e NV em navios de carga é caro e complexo. Além disso, o custo da hora de voo dessas aeronaves é elevado. No entanto, vale ressaltar que a MB adquiriu quatro aeronaves SH-16 *Seahawk*, que realizam guerra antissubmarino e ar-superfície. Este modelo de aeronave é uma versão customizada do MH-60R da USN e, provavelmente poderia ser equipada com sensores e sistemas a fim de realizar operações de CMM. No entanto, um estudo de custos deveria ser realizado para verificar a viabilidade.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, I. D. S. **A EVOLUÇÃO DA DOUTRINA DE CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: Uma análise dos fatores que resultaram no advento da caça de minas.** Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, p. 51. 2021.
- ANDRADE, et al. **SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO: DEFESA NACIONAL.** Brasília. 2018. (1415-4765).
- ANDRADE, I. et al. **SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO: DEFESA NACIONAL.** Brasília. 2018. (1415-4765).
- BURGESS, R. R. NAVSEA prosseguirá com sistema de contramedidas para minas litorâneas COBRA II. **SEAPOWER**, 2021. Disponível em: <<https://seapowermagazine.org/navsea-to-proceed-with-cobra-ii-littoral-mine-countermeasures-system/>>. Acesso em: 19 setembro 2023.
- BYKOW, L. **OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: Similaridades e singularidades das visões estratégicas navais de EUA e China, quando consideradas as atividades relacionadas à Guerra de Minas.** Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, p. 54. 2020.
- CARVALHO, R. D. C. **O EMPREGO DE VEÍCULOS NÃO TRIPULADOS NAS CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO VEÍCULO SUBMARINO AUTÔNOMO REMUS 100 NAS CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM.** Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, p. 36. 2016.
- C-PEM 2011. **SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO: características operacionais desejáveis.** ESCOLA DE GUERRA NAVAL. Rio de Janeiro, p. 102. 2011.
- FIGUEIREDO, ; ORDOÑEZ, R. AMAZÔNIA AZUL A VISTA. **Marinha do Brasil**, 6 set. 2019. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/amaz%C3%B4nia-azul-vista>>.
- FREITAS, C. D. C. R. D. S. A FORÇA DE MINAGEM E VARREDURA DE ONTEM E HOJE - 50 ANOS. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 131, n. 04/06, p. 17-26, Abr/Jun 2011.
- GUIMARÃES, L. D. S. **Síntese de doutrina de segurança para projeto e operação de submarinos nucleares.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 645. 1999.
- HEGARTY, S. Guerra na Ucrânia: as 20 milhões de toneladas de grãos que país não consegue exportar. **BBC News**, 2022. Disponível em: <

JUNIOR, J. T. L. **OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM: Similaridades e singularidades entre a Operação Starvation, ocorrida na Segunda Guerra Mundial e o desembarque anfíbio em Wonsan, durante a Guerra da Coreia.** Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, p. 45. 2021.

JÚNIOR, O. M. C. **OPERAÇÕES DE MINAGEM E CONTRAMEDIDA DE MINAGEM: O Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro e as Operações de Contramedida de Minagem.** Escola de Guerra. Rio de Janeiro, p. 47. 2019.

JUNIOR, R. D. O. **MARINHA DO BRASIL: O DESAFIO DA CONCEPÇÃO DO SUBMARINO NUCLEAR E PERSPECTIVAS FUTURAS.** CIAW. Rio de Janeiro, p. 37. 2020.

KELLER, J. Military Aerospace Electronics. **Ocean mines have nowhere to hide**, 2007. Disponível em: <<https://www.militaryaerospace.com/communications/article/16706470/ocean-mines-have-nowhere-to-hide>>. Acesso em: 20 setembro 2023.

KOTTASOVÁ, I. Ameaça global: Como a Rússia está usando a comida como arma de guerra. **CNN**, 2022. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/ameaca-global-como-a-russia-esta-usando-a-comida-como-arma-de-guerra/>>. Acesso em: 10 Outubro 2022.

MAGNUSON, S. JUST IN: Allied Naval Leaders Warn of New Age of Mine Warfare. **National Defense**, 2019. Disponível em: <<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/5/13/allied-naval-leaders-warn-of-new-age-of-mine-warfare>>. Acesso em: 27 setembro 2023.

MARINHA DO BRASIL. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040).** Marinha do Brasil. Brasília-DF, p. 88. 2020. (978-65-991468-0-0).

MARINHA DO BRASIL. PROSUB. **Marinha do Brasil.** Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/programas-estrategicos/prosub>>. Acesso em: 03 maio 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa.** BRASÍLIA, p. 81. 2012.

NAVAL Technology. **Sistema de varredura de influência não tripulado (UISS)**, 2022. Disponível em: <<https://www.naval-technology.com/projects/unmanned-influence-sweep-system-uiss-usa/>>. Acesso em: 20 setembro 2023.

PADILHA, L. Defesa Aérea e Naval. **ComForMinVar – 60 anos trabalhando para manter a segurança da navegação no Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/comforminvar-60-anos-trabalhando-para-manter-a-seguranca-da-navegacao-no-brasil>>. Acesso em: 17 outubro 2022.

PADILHA, L. Minas flutuam entre os estoques de grãos da Ucrânia e do mundo. **Defesa Aérea e Naval**, 2022. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/minas-flutuam-entre-os-estoques-de-graos-da-ucrania-e-do-mundo#:~:text=%E2%80%9CA%20minas%20foram%20colocadas%20em,passagem%20mar%C3%ADtima%20para%20suprimentos%20de>>. Acesso em: 10 outubro 2022.

PIMENTEL, A. B. **A GUERRA DE MINAS E SUAS PERSPECTIVAS PARA A MARINHA DO BRASIL.** Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, p. 45. 2018.



SENN, C. J. D. O Poder das Minas: Seu Emprego Na Estratégia Naval Contemporânea. *Estratégia Naval Contemporânea*. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 199-211, jul/dez 2011. ISSN 2.

SILVA, M. M. et al. **SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO: DEFESA NACIONAL E EXTERNALIDADES TECNOLÓGICAS**. Ipea. Brasília, p. 58. 2018. (1415-4765).

WAIDELICH, B.; POLLITT, J. **China Maritime Report No. 29: PLAN Mine Countermeasures**. U.S. Naval War College. [S.l.], p. 27. 2023.