

**MARINHA DO BRASIL**  
**DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM**  
**SISTEMAS DE ARMAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS NA GUERRA NAVAL: a**  
**importância dos veículos autônomos submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval.**



**1ºTen. GUSTAVO PEREIRA DA SILVA ANDRADE**

Rio de Janeiro  
2023

1ºTen. GUSTAVO PEREIRA DA SILVA ANDRADE

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS NA GUERRA NAVAL: a importância dos veículos autônomos submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval.

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistemas de Armas.

Orientadores:

CF (EN) Renato Peres Vio – CTMRJ IEAPM

CC Daniel Gama De Sousa – CIAA

William de Souza Barbosa, Phd. Eng. Elétrica - PUC Rio

CIAA  
Rio de Janeiro  
2023

1ºTen. GUSTAVO PEREIRA DA SILVA ANDRADE

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS NA GUERRA NAVAL: a importância dos veículos autônomos submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval.

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistemas de Armas.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

CF (EN) Renato Peres Vio – CTMRJ IEAPM

\_\_\_\_\_

CC Daniel Gama De Sousa – CIAA

\_\_\_\_\_

William de Souza Barbosa, Phd. Eng. Elétrica - PUC Rio

\_\_\_\_\_

CIAA  
Rio de Janeiro  
2023

Dedico esse trabalho ao meus pais e à minha querida esposa que sempre prestaram todo apoio e o suporte necessário para que fosse possível concluir essa árdua e engrandecedora fase acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me abençoar com saúde, sabedoria e força durante o todo ciclo acadêmico para que fosse possível superar todos os desafios, pois não seria capaz de alcançar nenhum objetivo sem a sua presença em minha vida.

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional, além da compreensão pelos períodos ausentes, em virtude da minha dedicação e empenho durante longas horas de estudos, com o objetivo de concluir com total êxito o desafiador e engrandecedor ciclo acadêmico.

Agradeço à minha querida esposa por todo seu companheirismo, compreensão e amor incondicional demonstrado durante esse período, no qual eu me dediquei integralmente a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus orientadores por todos esclarecimentos, correções e direcionamentos prestados, os quais possibilitaram um melhor desempenho durante a confecção deste trabalho.

Por fim, agradeço a camaradagem e lealdade dos meus companheiros da turma Almirante Gastão Motta, em especial dos grandes amigos do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistema de Armas.

“Não podemos prever o futuro, mas  
podemos criá-lo.”

Paul Pilzer

# UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS NA GUERRA NAVAL: a importância dos veículos autônomos submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval.

## Resumo

O presente trabalho possui o intuito de demonstrar a importância do emprego de veículos autônomo submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval. Com isso, visando ambientar o leitor com o tema em questão, primeiramente serão apresentados os principais conceitos, além de um breve histórico desses veículos, em seguida pretende-se comprovar que os mesmos possuem plena capacidade de potencializar as operações militares de contramedidas de minagem, guerra antissubmarina e atividades de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR), através de uma abordagem conceitual de cada operação, finalizada com uma análise de todo conteúdo exposto, com propósito de evidenciar as vantagens do uso de veículos autônomos submarinos em cada uma dessas atividades militares destacadas. Ao final, para concluir o trabalho em questão de forma sólida, será feita uma concatenação de todas informações coletadas e apresentadas, com o objetivo de ratificar a importância desse meio naval moderno para Marinha do Brasil, tendo em vista o cenário de guerra naval atual, completamente influenciado pelo uso de tecnologia avançada.

**Palavras- chave:** [Veículo autônomo submarino. Poder Naval. Guerra Naval. Marinha do Brasil. Patrulhamento]

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Designer do submarino “ <i>The Turtle</i> .....	13
Figura 2.2 – Robert Whitehead com um torpedo de teste.....	14
Figura 2.3 – AUV <i>SPURV</i> sendo lançado .....	15
Figura 2.4 – AUV <i>Theseus</i> recarregando sua bateria.....	17
Figura 2.5 – Lançamento de Minas Navais .....	19
Figura 2.6 – Navios Varredores da Marinha do Brasil atracados.....	21
Figura 2.7 – Oficiais da Marinha Norte Americana ao lado de uma bomba de profundidade.....	23
Figura 2.8 – Ilustração do funcionamento do <i>SONAR</i> e seus operadores .....	24
Figura 2.9 – Snakehead sendo lançado ao mar.....	26
Figura 2.10 – Veículo submarino não tripulado de grande deslocamento da Marinha da China .....	27



## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
ASW	<i>Anti-Submarine Warfare</i>
AUV	<i>Autonomous Underwater Vehicle</i>
ComForMinVar	Comando da Força de Minagem e Varredura
CSM	Consciência Situacional Marítima
DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DRAPER	<i>Draper Labs</i>
END	Estratégia Nacional de Defesa
ISR	<i>Intelligence, surveillance and reconnaissance</i>
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
REMUS	<i>Remote Environmental Monitoring Unit System</i>
SONAR	<i>Sound Navigation and Ranging</i>
SPURV	<i>Special Purpose Underwater Research Vehicle</i>
TSF	Transmissões sem fios
USS	<i>United States Ship</i>
EUA	Estados Unidos da América

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>1.1 Apresentação do Problema</b> .....	9
<b>1.2 Justificativa e Relevância</b> .....	9
<b>1.3 Objetivos</b> .....	10
1.3.1 Objetivo Geral.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
<b>1.4 Organização do Trabalho</b> .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1 Veículo autônomo submarino: conceito e história</b> .....	12
<b>2.2 Contramedidas de Minagem</b> .....	18
<b>2.3 Veículo Autônomo Submarino na Guerra Anti-Submarina</b> .....	21
<b>2.4 Operações de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR)</b> .....	27
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	31
<b>3.1 Classificação da Pesquisa</b> .....	31
3.1.1 Classificação Quanto aos Fins .....	31
3.1.2 Classificação Quanto aos Meios .....	32
<b>3.2 Limitações do Método</b> .....	32
<b>3.3 Coleta e Tratamento das Informações</b> .....	32
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	33
<b>4.1 Análise do Emprego de Veículos Autônomos Submarinos na Marinha do Brasil</b> .....	33
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	34
<b>5.1 Sugestões para futuros trabalhos</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37

# 1 INTRODUÇÃO

Diante do atual cenário mundial, principalmente, no que tange o grandioso avanço tecnológico na indústria de defesa, o qual exerce uma grande influência no Poder Naval, e, por conseguinte, na guerra naval, torna-se imprescindível para Marinha do Brasil acompanhar essa evolução, com o intuito de prontificar a Força Naval para os desafios propostos pela guerra moderna. Nesse contexto, diante dessas inúmeras inovações tecnológicas, emerge o surgimento dos veículos autônomos submarinos (AUV – em inglês *autonomous underwater vehicle*), que representam uma classe de veículos responsável por um aumento de eficiência significativo na execução de missões submarinas de águas rasas e profundas nos últimos anos (Dantas, 2014).

## 1.1 Apresentação do Problema

De acordo com Sousa (2019, p.1), o Veículo Autônomo Submarino está contido no grupo dos Veículos Submarinos Não-Tripulados, possuindo uma capacidade de viajar submerso, sem comunicação física com a terra e sem a necessidade de intervenções humanas. Características fundamentais para contribuir com a redução dos riscos de perda de pessoal e custos econômicos durante as operações militares em ambientes de alta periculosidade, potencializando as seguintes operações:

- a) contramedidas de minagem;
- b) guerra antissubmarina; e
- c) operações de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR).

tornando esses elementos cada vez mais influentes no panorama estratégico das operações militares. Com isso, a Estratégia Nacional de Defesa - END (Brasil, 2020), preconizou que a Força deverá buscar o domínio das tecnologias de operação de sistemas remotamente operados ou autônomos para emprego naval.

## 1.2 Justificativa e Relevância

Tendo em vista, as características da guerra naval moderna, torna-se fundamental o emprego de veículos submarinos autônomos como elemento potencializador das operações militares exercidas durante um cenário de guerra naval, com o intuito aumentar a gama de

possibilidades, em relação ao emprego do Poder Naval, contribuindo para a manutenção da soberania das águas jurisdicionais brasileiras (AJB).

No que diz respeito às operações militares que os veículos autônomos submarinos podem ser empregados, no que tange às contramedidas de minagem, baseado em Carvalho (2016, p.26), o veículo submarino autônomo possui um elevado nível de facilidade de operação e requisitos reduzidos quanto ao apoio logístico necessário, viabilizando sua operação com mergulhadores especializados, a partir de praticamente todos os meios navais disponíveis na Marinha do Brasil, resultando no aumento de capacidade para efetuar Contramedidas de Minagem, além de reduzir consideravelmente o tempo necessário para prontificar os meios, visando um posterior emprego contra uma ameaça nas águas jurisdicionais brasileiras.

Segundo Azevedo (2013, p.31) o AUV possui uma grande aptidão de integração entre os seus sensores embarcados, além de uma alta capacidade de navegar e permanecer em locais de difíceis acessos no fundo do mar. Com isso, tais características tornam essa inovação tecnológica extremamente importante nas operações militares, principalmente nas atividades de guerra antissubmarina e de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR).

Este trabalho tem o propósito de ressaltar a importância dos veículos autônomos submarinos para Marinha do Brasil na guerra naval moderna. Com o intuito de incentivar o domínio da Força Naval sobre essa inovação tecnológica, a qual está se tornando pouco a pouco um elemento fundamental no meio militar.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho possui o objetivo principal de evidenciar a seguinte questão: a importância do emprego de veículos submarinos autônomos na Marinha do Brasil, visando potencializar as operações militares e manter o Poder Naval em condições de defender a soberania do Brasil perante às suas águas jurisdicionais brasileiras (AJB) diante do novo cenário de guerra naval, influenciado completamente pela evolução e emprego da tecnologia na área da defesa naval.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos o trabalho visa demonstrar a eficácia dos veículos autônomos submarinos nas operações de contramedidas de minagem, guerra antissubmarina e inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) e notabilizar a grandiosa contribuição desses elementos na redução de perda de pessoal e custos econômicos durante as operações militares.

## **1.4 Organização do Trabalho**

Dessa forma, serão apresentados dentro do capítulo dois, de referencial teórico, quatro tópicos, o primeiro apresentará a evolução tecnológica dos veículos autônomos submarinos mediante uma linha cronológica, além de conceituar esse sistema autônomo.

O segundo irá tratar sobre os conceitos, especificidades e principais características das contramedidas de minagem. Além de evidenciar o quão vantajosos são esses veículos para a realização de operações com minas, diante do atual cenário de confronto naval.

O terceiro discorrerá sobre as características e problemáticas envolvidas durante uma operação de guerra antissubmarina, adicionalmente também será realizada uma breve análise dos requisitos necessários para um AUV atender as demandas dessa operação, por fim, serão apresentados veículos autônomos submarinos, os quais realizam este tipo de operação e são empregados por Marinhas modernas.

No quarto serão abordadas as características de uma operação de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR), além das suas principais nuances, com enfoque na utilização de sistemas autônomos submarinos como facilitador durante o processo decisório, visando o correto planejamento para emprego dos meios navais, através da construção de uma consciência situacional marítima (CSM) adequada.

Sequencialmente, o terceiro capítulo abordará a metodologia utilizada para sustentar e solidificar o conteúdo exposto no trabalho.

O quarto capítulo visa realizar uma análise profunda, através do cruzamento de todas as informações apresentadas nas seções anteriores, com o objetivo de demonstrar a importância da Marinha do Brasil possuir o domínio sobre a tecnologia e técnicas de emprego em operações militares dos veículos autônomos submarinos, com o intuito de prontificar a Força frente aos desafios gerados pela guerra naval dos dias atuais.

Por fim, a última seção do trabalho apresentará as conclusões, visando fundamentar todas as questões levantadas e os objetivos que foram propostos nesta introdução, com a

finalidade de contribuir e incentivar a Marinha do Brasil, no que diz respeito ao emprego desses veículos na guerra naval.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Veículo autônomo submarino: conceito e história**

Conceitualmente, são denominados como robôs subaquáticos autônomos, isto é, não é necessário estar tripulado, ou possuir interações com humanos para concluírem os seus objetivos preestabelecidos, enquanto estão sendo empregados. Segundo Azevedo (2013, p.27), o AUV é uma das três categorias, as quais os veículos submarinos não tripulados são divididos. Sendo sua principal distinção para os demais, a capacidade de operar com energia própria e a partir de sistemas computacionais embarcados, sem a presença de um operador ou ligações com a superfície, através de cabos para serem controlados remotamente.

São compostos pelos seguintes componentes: sistema de propulsão própria, atuadores, sistema computacional embarcado e sensores, os quais, são essenciais na manobrabilidade, execução de trajetórias pré-programadas, e coleta de dados em grandes profundidades aquáticas, realizando tais atividades com alto grau de precisão, independentemente das condições ambientais apresentadas (von Alt, C. J., 2003).

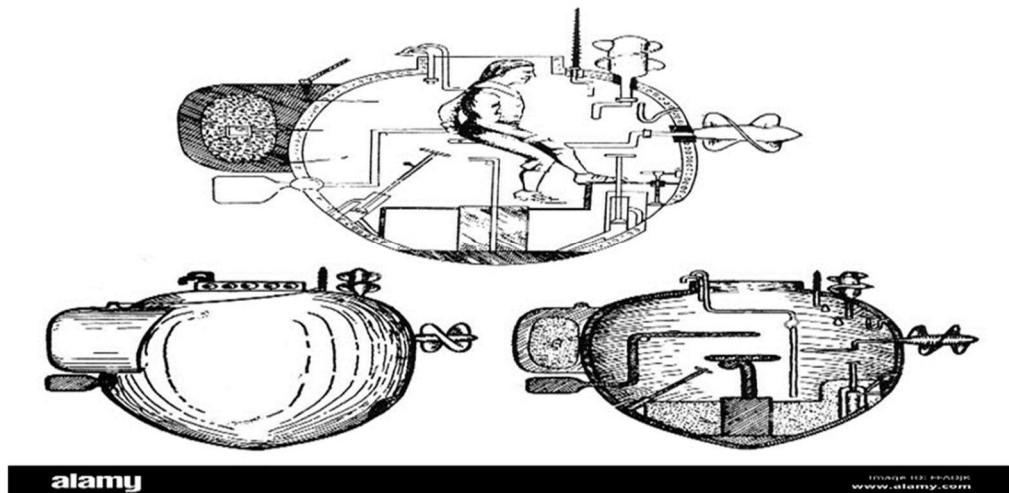
Outro fator importante no funcionamento do AUV, são as fontes de energia que influenciam diretamente na duração da missão, podendo variar entre poucas horas, ou até mesmo dias. Inicialmente, as baterias mais comumente utilizadas eram de chumbo ácido, uma tecnologia antiga, de baixa eficiência, proporcionando poucas horas de operação, apesar de ser muito econômica. Nos dias atuais, parte majoritária dos veículos submarinos autônomos utilizam baterias recarregáveis aglutinadas aos seus sistemas de energia, em comparação com a fonte de energia usada inicialmente, pode-se constatar um maior tempo de operação, apesar de um aumento de custo. Vale ressaltar, outras tecnologias, as quais estão surgindo como alternativas para serem utilizadas como fonte de energia, como sistemas de energia solar e a combinação entre diferentes baterias e sistemas de energia com ultra capacitores, visando aprimorar e aumentar ainda mais a autonomia, e conseqüentemente tempo de operação do AUV (von Alt, C. J., 2003).

Dentro de um contexto histórico, seguindo uma linha cronológica do desenvolvimento de veículos autônomos submarinos para emprego em operações militares, o ponto de partida com relação ao emprego de veículos submarinos em operações militares foi

em 1776 durante a Guerra da Independência Americana. O submarino *Turtle* desenvolvido pelo norte-americano David Bushnell tinha por objetivo atacar navios da forte Marinha Britânica e possuía as seguintes características:

Em termos de características, o *Turtle* era bastante avançado para a época em questão, o seu casco era constituído por peças de carvalho ligadas com barras de ferro, um lastro de chumbo na parte inferior para garantir a estabilidade, bombas de água para encher os tanques, uma hélice de propulsão movida por uma manivela, um tubo para fornecimento de ar, um aparelho de perfuração para colocar as minas nos cascos dos navios inimigos e um controlador de profundidade que era também uma hélice mas neste caso com eixo vertical. O operador entrava pela única escotilha do submarino, na parte superior, e era ele que tinha de controlar tudo, incluindo a manivela de propulsão horizontal, que não era tarefa fácil, por esse motivo, uma das desvantagens era a baixa velocidade que conseguia atingir (Lopes, 2021, p.4).

**Figura 2.1** - Designer do submarino “*The Turtle*”.



**Fonte:** Alamy.<sup>1</sup>

Posteriormente, em 1866, após labutar e trocar conhecimentos em anos anteriores com o oficial da Marinha Austríaca Giovanni Luppis, quem iniciou a ideia de desenvolver um armamento móvel, o qual, atuava sobre a superfície da água sendo acionado por impacto e controlado por fios, visando a defesa de portos e costas contra navios que tivessem por objetivo bloquear os mesmos, o engenheiro britânico Robert Whitehead desenvolveu, a partir desta ideia inicial do referido oficial naval, o primeiro torpedo autônomo autopropulsado e não tripulado,

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.alamy.com/stock-photo-submarine-turtle-1776-nworlds-first-combat-submarine-the-turtle-built-95501915.html?imageid=37474099-31F6-40FC-B0FD538C25898C27&p=294647&pn=1&searchId=6fef676b05273d86265112c563af8cf7&searchtype=0>>. Acesso em: 20 de maio. 2023.

extinguindo o controle por fios e com atuação abaixo da linha d'água. O aperfeiçoamento de controles automáticos realizados pelo engenheiro inglês Robert Whitehead, proporcionou uma melhor desenvoltura do torpedo, no que tange a manutenção do curso constante e profundidade desejada. Dessa forma, levando em consideração as características de funcionamento do torpedo e excluindo os explosivos, os quais ficavam aglutinados na estrutura do torpedo, é possível considerar que a invenção de Whitehead foi o primeiro veículo autônomo submarino (von Alt, C. J., 2003).

**Figura 2.2** – Robert Whitehead com um torpedo de teste.



Fonte: Scihi Blog.<sup>2</sup>

Sequencialmente, a partir do final de 1950 até meados de 1970 foram conduzidos estudos preliminares relativos à aplicabilidade do AUV e o desenvolvimento do seu sistema, em paralelo foram sendo desenvolvidos os primeiros protótipos, porém com finalidades completamente restritas e típicas. Nesse contexto, surge o *Special Purpose Underwater Research Vehicle* (SPURV), no ano de 1957, como primeiro veículo submarino autônomo da Marinha dos Estados Unidos da América, desenvolvido na Universidade de Washington, voltado para realização de pesquisas oceanográficas na região do Ártico. O *SPURV I* passou a ser empregado no começo dos anos 60, tendo como principais características o seu deslocamento de 480 kg, quanto as suas capacidades de operação, conseguia alcançar a velocidade de 2.2 m/s por um período de 5,5 horas com a profundidade máxima galgando cerca de 3 quilômetros. O seu controle era realizado acusticamente da superfície, possuindo capacidade de realizar seu curso entre duas profundidades distintas ou mergulhar e subir em direção a superfície com uma angulação máxima de 50° (von Alt, C. J., 2003).

---

<sup>2</sup> Disponível em: < <http://scihi.org/robert-whitehead-torpedo/>>. Acesso em: 03 de junho. 2023.



A década de 70 foi um período de testes tecnológicos, visando o desenvolvimento e a exploração das capacidades do sistema em questão. Dessa forma, apesar de muitos projetos lograrem êxito, outros não conseguiram alcançar seus objetivos. A tecnologia ofertada na época não satisfazia a demanda gerada pelas ideias, as quais os desenvolvedores tinham a perspectiva de implementar. Ainda assim, ocorreu um considerável avanço no desenvolvimento dos veículos autônomos submarinos. Outro episódio marcante durante esse período, no que tange o emprego militar dos AUV's foi a iniciação pela Marinha Russa do seu programa de desenvolvimento desses veículos, através do seu Instituto de Problemas de Tecnologia da Marinha e da Academia de Ciências Russa, com a construção dos primeiros veículos submarinos autônomos de mergulho profundo L1 e L2 (Blidberg, 2003).

**Figura 2.3** – AUV *SPURV* sendo lançado.



**Fonte:** Extrica.<sup>3</sup>

Entre os anos de 1980 e 1990, ocorreu um avanço significativo das tecnologias fundamentais para o desenvolvimento do AUV. De acordo com Blidberg (2003, p.6), o sistema computacional teve avanços grandiosos, fato que possibilitou a implementação desejada de algoritmos complexos de orientação e controle em plataformas autônomas, em paralelo a engenharia de software sofreu avanços significativos, possibilitando o emprego das ideias que os desenvolvedores do sistema vislumbravam. Foi uma época importante na história evolutiva do sistema, durante esse período foram realizados simpósios com a participação de diversos

---

<sup>3</sup> Disponível em: < <https://www.extrica.com/article/17335>>. Acesso em: 08 de junho. 2023.

países, visando um intercâmbio de conhecimentos e debates sobre a tecnologia dos veículos submarinos não tripulados, em Duhram, EUA.

Outro acontecimento determinante para o estabelecimento do AUV como um recurso confiável a ser utilizado na defesa naval foi o grande incentivo e esforço feito pelos programas de pesquisa, com o intuito de comprovar a capacidade dos veículos serem empregados em operações atinentes a guerra naval. O projeto realizado na Agência de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA) da Marinha Americana, em 1988, resultou na construção de dois veículos autônomos submarinos, pelo laboratório Draper (em inglês, Draper Labs), voltados para missões experimentais da Marinha dos Estados Unidos (Blidberg, 2003).

Durante a década de 90, houve uma mudança de status do AUV, nos anos anteriores a maior parte dos exemplares eram voltados para testes com o objetivo de realizarem missões experimentais, com o intuito de definir as capacidades e possibilidades de emprego. Na época em questão surgiram os primeiros sistemas operacionais solidificados, dessa forma a comunidade internacional construiu uma série de veículos submarinos autônomos durante esse período (Blidberg, 2003).

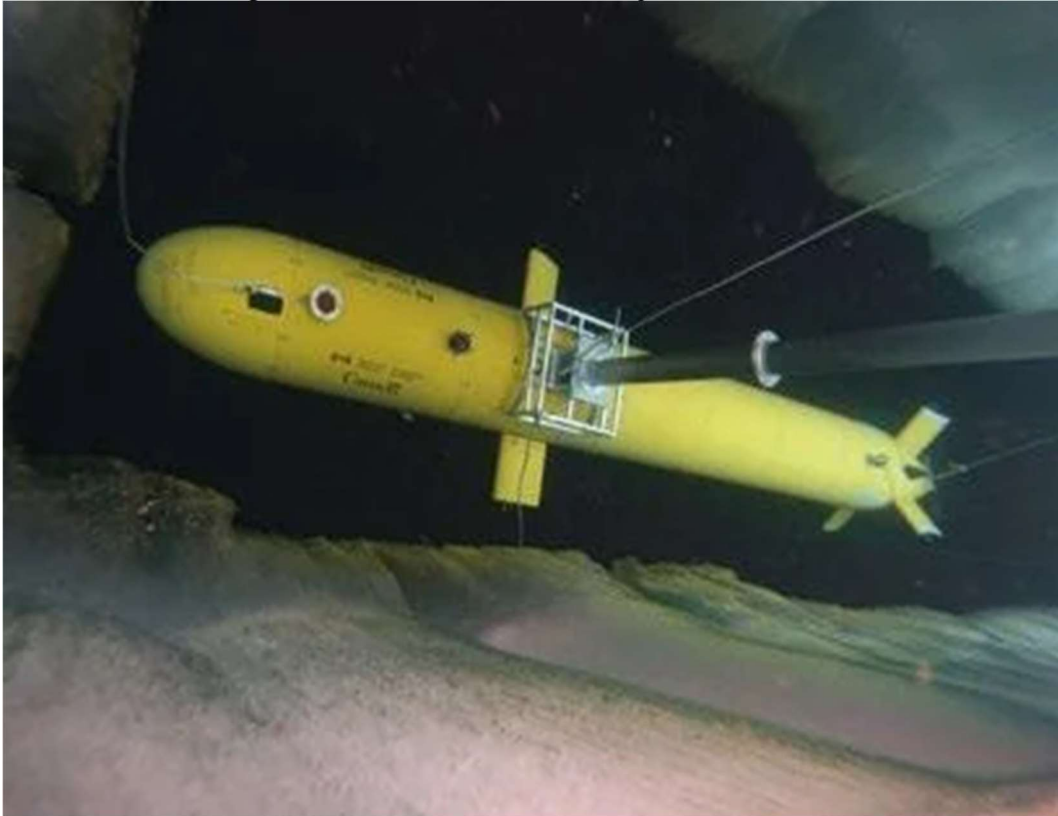
Em relação ao setor de defesa, em meados de 1990, as autoridades canadenses estavam preocupadas com a defesa do seu território, principalmente, em relação as áreas de difícil monitoramento, devido as intempéries ambientais, como a região marítima do Ártico, devido a possíveis ameaças de invasão submarinas nessa área, aproveitando a vulnerabilidade gerada pela dificuldade de monitoramento da região (Butler, B., Black, M., 1997).

Dessa forma, em 1990 foram realizados diversos testes em campo para verificar a possibilidade de um veículo não tripulado e autônomo realizar a instalação de cabos no fundo do mar, visando implementar postos de escuta acústica, com o intuito de realizar vigilância ininterrupta e ser capaz de detectar possíveis ameaças submarinas, as quais, pudessem utilizar as águas do Ártico para acessar o Canadá. Consequentemente, após a consolidação dessa verificação, o governo canadense aprovou os investimentos para que fosse possível desenvolver tal veículo (Butler, B., Black, M., 1997).

Dessa forma, após os desenvolvedores solucionarem inúmeras lacunas tecnológicas, com relação aos sistemas de navegação e computação, além da capacidade de sobrepujar obstáculos durante o seu deslocamento, surgiu o submarino *Theseus*, construído pela empresa *International Submarines Engineering* e com as seguintes características: deslocamento de 8.600kg, com a capacidade de ser empregado durante 100 horas a uma velocidade de 2m/s numa profundidade máxima de 1km. Tal invenção, em 1996 realizou com sucesso a missão que lhe foi atribuída, instalando os cabos de fibra óptica e implementando um

posto de escuta acústica, deixando um legado importante, no que tange o emprego do AUV ( Braga, 2014).

**Figura 2.4** – AUV Theseus recarregando sua bateria.



**Fonte:** Issuu.<sup>4</sup>

Após a consolidação do sistema operacional dos veículos submarinos autônomos nos anos anteriores, a partir de 2000 até os tempos atuais ocorreu um grande crescimento do mercado comercial, com relação ao AUV como tecnologia essencial para a realização de diversas tarefas de empresas, as quais exploram os recursos existentes no fundo do mar.

Segundo Hagen e Størkersen (2004, p.1), em 2003, o Hugin I, desenvolvido pela Marinha Norueguesa, em conjunto com estabelecimentos noruegueses de pesquisa, foi o primeiro veículo submarino autônomo empregado em exercícios militares da OTAN, além de ser o pioneiro também nas operações de contramedidas de minagem, operando a partir do navio de guerra Karmony, tais acontecimentos comprovaram o quão agregador é o emprego do AUV em operações militares. Consequentemente, essa tecnologia continua crescendo exponencialmente na área militar, buscando ampliar suas capacidades, através do

---

<sup>4</sup> Disponível em: < [https://issuu.com/rovplanet/docs/rovplanet\\_magazine\\_024\\_web\\_/s/10922630](https://issuu.com/rovplanet/docs/rovplanet_magazine_024_web_/s/10922630)>. Acesso em: 12 de junho. 2023.

aperfeiçoamento dos sistemas de navegação, computacional e baterias cada vez mais duradouras, as quais podem possibilitar um maior tempo de operação.

## 2.2 Contramedidas de Minagem

Em meados do século XIX, surge o advento da mina submarina, um explosivo de baixo custo, em comparação com os demais armamentos navais, de atuação passiva, acionado através do impacto, pressão ou aproximação de um meio naval. Sua invenção é atribuída a Robert Fulton, um inventor norte-americano responsável por desenvolver diversas tecnologias navais da época. Posteriormente, em 1812 foi realizado com êxito a primeira detonação de mina submarina com acionamento através de circuito elétrico. Em seguida, percorrendo uma linha do tempo, a fim de constatar a evolução e solidificação da mina submarina como um armamento naval eficaz, capaz de trazer grandes danos aos meios navais, no ano de 1862, ocorreu o primeiro afundamento proveniente da atuação de minas no teatro de operações navais, o navio abatido foi o encouraçado da Marinha dos EUA, o USS Cairo, durante a Guerra Civil Americana, tornando este recurso uma grande preocupação para as forças navais durante os conflitos no mar (Freitas, 2011).

A guerra de minas, apesar de não possuir um grande foco, foi altamente eficaz e responsável pelo afundamento da maioria dos meios durante as últimas guerras navais, inclusive causando grandes danos a força naval brasileira durante a guerra do Paraguai com o afundamento do encouraçado Rio de Janeiro, o primeiro da Marinha do Brasil, e do encouraçado Tamandaré, o primeiro construído no Brasil pelo Arsenal de Marinha da Corte. A evolução tecnológica presente no cenário mundial influenciou diretamente no desenvolvimento das minas submarinas. Atualmente, além das formas convencionais de acionamento, existem diversos modos refinados de acionamento, com sensores e sistemas de inteligência artificial capazes de detectarem assinaturas acústicas e magnéticas, além de proporcionarem a movimentação por um operador remoto em tempo real, ou de forma programada (Vogt, 2019).

Segundo Carvalho (2016, p.18), as ações de contramedidas de minagem podem ser realizadas de duas formas: caça de minas e varredura de minas. A primeira ocorre em cinco fases distintas e realiza processos iniciais de caracterização, validação e classificação do grau de ameaça, após o objeto em análise ser designado como mina submarina, é estabelecida e plotada a sua localização e por fim são feitos os procedimentos necessários para desativação do artefato. No caso da varredura, de uma forma geral, é uma operação com o intuito de desativar as minas

navais através do rompimento dos seus cabos, os quais, mantém estes artefatos explosivos flutuando no fundo do mar ou por meio de simulações magnéticas, acústicas e de pressão, com o intuito de detonar as minas submarinas.

**Figura 2.5** – Lançamento de Minas Navais.



Fonte: Blog “Operações Militares”<sup>5</sup>

As operações de contramedidas de minagem estão sendo dificultadas pelo aperfeiçoamento das minas submarinas. O desenvolvimento de artefatos compostos por materiais, capazes de passarem ilesos pelas varreduras magnéticas com facilidade de autoenterramento no fundo do mar e em alguns casos, após serem detcados possuírem a capacidade de ativarem sua autodetonação, além das intempéries do ambiente marinho, as quais podem prejudicar o emprego eficaz dos sensores, podendo vir a deixar de detectar algum artefato explosivo durante a varredura. Tais fatores resultam em operações desgastantes para as tripulações dos navios varredores, além do extremo risco de empregar os mergulhadores nessas condições (Vogt, 2019).

Em virtude da evolução desse armamento letal, surge a necessidade de solidificar e aperfeiçoar as operações de contramedidas de minagem da Marinha do Brasil, com o intuito de garantir o uso do mar, através da exploração do leito marinho, prover segurança para as rotas de navegação, proteção dos portos e da extensa costa marítima brasileira. Nos dias atuais, o

---

<sup>5</sup> Disponível em: < <https://operacoesmilitaresguia.blogspot.com/2021/04/minas-navais.html>>. Acesso em: 20 de junho. 2023.

Comando da Força de Minagem e Varredura (ComForMinVar) da Marinha do Brasil conta com três navios varredores, os quais são responsáveis por realizarem as operações de contramedidas de minagem pelas extensas águas jurisdicionais brasileiras. A ComForMinVar encontra-se sediada no estado da Bahia, especificamente na cidade de Salvador e é subordinada ao Comando do segundo Distrito Naval (Maêda, 2022). Os navios foram construídos na Alemanha, inicialmente entre os anos de 1971 e 1972, foram incorporadas, quatro navios varredores, à Marinha do Brasil. Posteriormente no ano de 1976 foram recebidos os últimos dois navios. Vale ressaltar, que três dos seis navios recebidos foram desincorporados da ComForMinVar no decorrer dos anos, apesar dos navios terem passado por um processo de revitalização durante os anos de 2001 e 2007, visando substituir seu madeirame, os equipamentos vitais e modernizar o sistema de varredura de influência (FREITAS, 2011). Vale frisar que devido a demasiada extensão da costa marítima brasileira e o crescimento exponencial da tecnologia no cenário naval, essa quantidade e qualidade de recursos não é suficiente para abranger com êxito todo o território marítimo brasileiro, principalmente, numa suposta guerra naval.

Dessa forma, o veículo submarino autônomo surge como uma alternativa extremamente eficaz e facilitadora, visando diminuir os riscos de perda de pessoal e danos materiais aos navios, além de aumentar a precisão da varredura de minas e diminuir o tempo de duração das operações de contramedidas de minagem. As marinhas mais desenvolvidas, nos dias atuais, fazem uso do AUV durante as suas missões e empregam doutrinas e procedimentos inovadores. Dessa forma, uma prática moderna e comumente utilizada pelas Forças navais que possuem veículos submarinos autônomos é o emprego do mesmo a frente do navio varredor na região com suspeita de minas submarinas para realizar a varredura, com o intuito de reduzir toda exposição trazida pelo artefato explosivo (Vogt, 2019).

Em 2003, durante a operação *Iraqi Freedom*, invasão ao Iraque liderada pelos Estados Unidos da América, contando com a participação de outras nações, em resposta aos atentados terroristas ocorridos em anos anteriores. Visando contextualizar o conflito em questão com a aplicação de meios responsáveis por atuarem nas operações de contramedidas de minagem, vale ressaltar, que durante a Guerra do Golfo, motivada pela invasão do Kuwait pelas tropas Iraquianas no período entre 1990 e 1991, a Marinha norte americana sofreu avarias consideráveis no porta-helicópteros USS Tripoli e no cruzador USS Princeton provenientes das minas navais lançadas por Iraquianos. Sendo assim, para evitar os percalços sofridos no último confronto, foi montado uma força de contraminagem mais completa e utilizando a tecnologia como fator facilitador e fundamental para o êxito da missão (Carvalho, 2016).

**Figura 2.6** – Navios Varredores da Marinha do Brasil atracados.



Divulgação ComForMinVar

Fonte: Fórum *Razon y Fuerza*.<sup>6</sup>

Nesse contexto, foi possível constatar a eficiência dos veículos submarinos autônomos quando empregados nas operações de contramedidas de minagem no campo de batalha. De acordo com Carvalho (2016, p.22), o episódio fatídico, o qual contou com a contribuição essencial do AUV REMUS 100 foi a varredura e caça minas realizada ao redor dos acessos e em canais de navegação do porto de *Umm Qasr*, com o intuito de viabilizar a entrada e permanência dos meios navais neste local para realizar, principalmente, ações humanitárias. Destaca-se que a região portuária em questão apresentava condições ambientais completamente adversas às atividades de contraminagem e devido aos sensores de alta resolução e a grande autonomia durante a realização das missões, independente das intempéries ambientais apresentadas, o REMUS 100 conseguiu galgar um desempenho expressivo, o qual contribuiu para solidificar os veículos submarinos autônomos como recurso essencial na guerra naval contra as minas submarinas.

### 2.3 O Veículo Submarino Autônomo na Guerra Anti-Submarina

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://razonyfuerza.mforos.com/549931/3709572-noticias-de-la-armada-brasilera/?marcar=aviones&pag=21>>. Acesso em: 03 de julho. 2023.

Durante a Primeira Guerra Mundial, o submarino consagrou-se como uma importante arma da guerra naval. A marinha alemã foi a pioneira quanto ao uso deste meio como principal vertente de ataque no mar durante a primeira grande guerra, aproveitando-se da sua principal característica, o ataque inesperado. Embora tenha logrado êxito nas operações envolvendo o emprego da sua frota de submarinos, na época em questão, esta nova arma naval era um advento tecnológico considerado experimental, principalmente no que tange a exploração total de suas capacidades e suas aplicações diante do teatro de operações navais, sendo desenvolvida posteriormente no período entre as duas grandes guerras (Fernandes, 2016).

Consequentemente, a inovadora forma de atacar e afundar os navios de guerra e mercantes durante os embates no mar demandou uma contramedida. Com isso, pode-se considerar o nascimento da guerra antissubmarina, ramo que tinha pouco foco no período anterior a Primeira Guerra Mundial, devido ao fato dos submarinos não serem considerados meios navais desequilibrantes, e sim experimental (Fernandes, 2016).

A guerra antissubmarina esta contida dentro das ações de guerra naval e envolve atividades combinadas de meios de superfície, aéreo e submarino, em paralelo com a combinação da atuação em conjunto dos seus sensores e sistemas visando basicamente a detecção e neutralização dos submarinos inimigos como objetivo final de sua missão (Fernandes, 2016).

Com o objetivo de apresentar a evolução da guerra antissubmarina percorrendo uma linha cronológica, vale salientar que as primeiras táticas e equipamentos empregados para conter o ímpeto ofensivo dos submarinos foi durante a Primeira Guerra Mundial, tais atividades eram demasiadamente primárias e limitadas, sendo elas: a bomba de profundidade (artefato explosivo com formato de barril cujo princípio de funcionamento era o seu lançamento por cima do submarino, sendo ativada através de um tempo pré-determinado, com o intuito de gerar prejuízos ao casco do submarino), os hidrofones (equipamento utilizado para detectar ruídos submarinos e identificar a possível localização desses alvos) e a navegação por comboios (navios de guerra escoltavam os navios mercantes realizando, inclusive, manobras evasivas para reduzir as possibilidades de ataques e assim conseguir prover o abastecimento das tropas combatentes com insumos básicos) (Bastos, 1972).

Na Segunda Guerra Mundial, ocorreram evoluções marcantes para a guerra antissubmarina. A ação integrada de uma quantidade considerável de navios e meios aéreos, capazes de realizarem coberturas A/S, foi uma forma eficiente de diminuir o êxito dos ataques



submarinos e evitar o constante e elevado número de afundamentos da frota naval e navios mercantes do grupo dos Aliados (Bastos, 1972).

**Figura 2.7**– Oficiais da Marinha Norte Americana ao lado de uma bomba de profundidade.



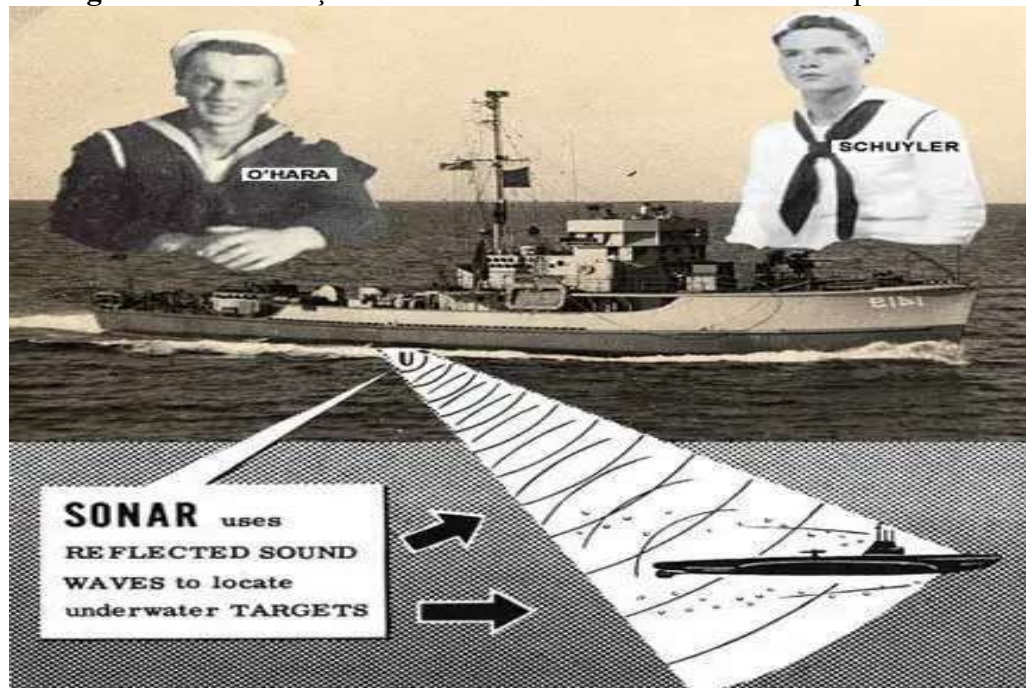
Fonte: Blog “História Militar”<sup>7</sup>

Ainda no período da segunda grande guerra, outro marco importante, o qual merece destaque, foi o emprego pela primeira vez durante a guerra de um recurso essencial até os dias atuais na guerra antissubmarina, o SONAR (Sound Navigation and Ranging), sistema utilizado na detecção e determinação de distância de alvos submarinos através do tempo total entre a emissão de uma determinada onda sonora, até o momento do seu retorno após a mesma chocar-se com um alvo, no período da primeira grande guerra ainda era uma idéia muito embrionária, sem condições de ser empregada de maneira eficiente, obteve um desenvolvimento exponencial durante o intervalo entre as duas guerras mundiais e por fim foi aplicada principalmente pelo grupo dos Aliados, o qual era constituído pelos seguintes países: Estados Unidos, Reino Unido, França e União Soviética, na guerra antissubmarina para localizar uma das principais armas durante a guerra naval do grupo do Eixo, constituído principalmente pelos seguintes países: Alemanha, Japão e Itália, o submarino (Valadares, 2017).

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://darozhistoriamilitar.blogspot.com/2009/10/armas-carga-de-profundidade.html>>. Acesso em: 24 de julho. 2023.

**Figura 2.8** - Ilustração do funcionamento do *SONAR* e seus operadores



Fonte: Blog Rei Tigre.<sup>8</sup>

O período posterior às duas grandes guerras, além da corrida armamentista durante a guerra fria contribuíram para um grandioso desenvolvimento desse meio naval, caracterizado por possuir um ataque eficiente e surpreendente. Com o surgimento dos submarinos de ataque nuclear, fato que dificultou ainda mais as ações de guerra ASW, levando em consideração os recursos utilizados até a época em questão. Pois esses meios não possuíam mais a necessidade de vir até a superfície com tanta frequência, pois seus reatores nucleares proporcionavam grandes autonomias de permanência embaixo da linha d'água. Posteriormente, os submarinos passaram a serem capazes de lançar mísseis estratégicos, conhecidos também como mísseis intercontinentais pelo seu grande alcance, dependendo do seu posicionamento é capaz de atingir instalações terrestres (Bastos, 1972).

Considerando todas as características relatadas anteriormente, quando o cenário de guerra naval envolve os submarinos modernos em águas mais profundas, a tarefa torna-se amplamente árdua, principalmente para as tripulações componentes dos navios empregados em missões antissubmarinas, pois diversos fatores passam a afetar o desempenho dos mesmos no teatro de operações diante das condições apresentadas, sendo os principais: o grande desgaste físico e psicológico, devido à capacidade que os submarinos modernos possuem de permanecerem submersos por longos períodos de tempo, fato que afetará a performance da

<sup>8</sup> Disponível em: < <https://reitigre.wordpress.com/2012/12/02/sonar-e-seus-operadores/> >. Acesso em: 02 de agosto. 2023.

tripulação durante às operações antissubmarinas, tendo em vista a constante pressão enfrentada, acarretada pela ininterrupta ameaça de sofrer um ataque inesperado a qualquer momento, além do grande gasto de recursos materiais empreendidos para manter tantos dias de operação (Frackiewicz, 2023).

Dado o exposto, o advento dos veículos submarinos autônomos surge como uma alternativa interessante para compor e elevar a eficácia das operações antissubmarinas, tendo em vista a sua capacidade de busca, detecção e engajamento contra alvos submarino. Tais capacidades são provenientes da grande possibilidade de instalação de sensores no AUV, devido a grande evolução dos estudos e toda tecnologia que envolve o funcionamento destes veículos, por exemplo:

a) Câmera e sensor óptico: Visando a realização de identificação visual, além da transmissão de vídeos e fotos do ambiente, no qual o veículo se encontra;

b) Sonar: equipamento utilizado para realizar detecção dos alvos inimigos através da propagação de ondas acústicas;

c) Magnetômetro: Sistema capaz de detectar uma ameaça submarina, através da medição e constatação de alterações no campo magnético e

c) Sistema de armas: Capacidade do veículo autônomo submarino ser equipado, principalmente, com torpedos para neutralizar o submarino inimigo.

A integração desses equipamentos é realizada de forma autônoma, sem que haja necessidade de interação direta com um operador, o mesmo é pré-programado com os objetivos definidos e norteando o emprego e as ações do veículo autônomo submarino (Bastos, 1972).

A possibilidade de operar sem tripulação gera inúmeras vantagens no emprego do AUV frente ao ambiente de guerra ASW. A primeira seria a redução no risco de perder vidas durante os embates no cenário marítimo, pois com o emprego desses veículos não teria mais necessidade de compor a linha de frente da guerra antissubmarina com navios e submarinos tripulados. Outro fator importante seria na redução de custos da operação, devido ao fato de serem meios de dimensões mais reduzidas em comparação com os veículos navais tripulados, acarretando em custos econômicos e de manutenção menores. Por fim, outra vantagem a ser ressaltada é a capacidade de operar em ambientes hostis por longos períodos de tempo, sem a influência negativa na sua performance de fatores psicológicos gerados pelo estresse e apreensão provocados pela incerteza e constante ameaça de ataque, variáveis presentes na guerra antissubmarina (Frackiewicz, 2023).

De acordo com Aragão (2022, p.46), China e Estados Unidos da América, duas superpotências mundiais, já consideram o AUV uma tecnologia com alto nível de confiabilidade

para guarnecer as linhas de frente no novo cenário de guerra naval e travam uma corrida quanto a exploração do emprego e capacidade desses meios.

Os americanos buscam manter o seu domínio absoluto sobre as águas do Oceano Pacífico, com isso sem pretensões de serem ultrapassados, no que tange o emprego de meios de última geração, desenvolveram o *Snakehead*. Veículo submarino autônomo de grande deslocamento, capaz de ser empregado em múltiplas operações militares, podendo ser lançado de um submarino tripulado, possui sensores, sistema de propulsão própria e softwares que conferem capacidade de agir sem a intervenção humana, além de ser equipado com baterias de íons de lítio proporcionando mais autonomia e menos manutenção (Aragão, 2022).

**Figura 2.9:** Snakehead sendo lançado ao mar.



**Fonte:** Naval News<sup>9</sup>

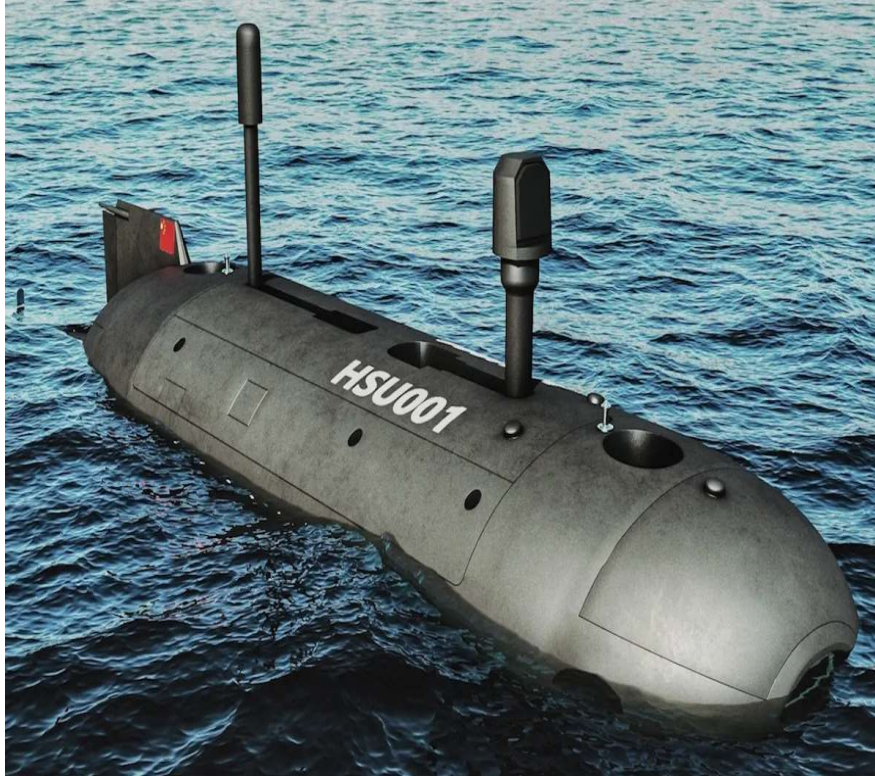
Enquanto a Marinha da China, visando suprir uma das maiores fraquezas do seu sistema de defesa naval, a guerra envolvendo o emprego dos submarinos, tanto de forma ofensiva, quanto defensiva, e manter-se em condições de fazer frente ao poder naval da Marinha dos EUA desenvolveu o HSU001. De acordo com Aragão (2022, p.47), um veículo submarino não tripulado de grande deslocamento capaz de ser empregado em múltiplas tarefas navais operando de forma autônoma, além de sistema de propulsão próprio, sistema de armas, mastros reclináveis repleto de sensores de detecção, câmeras e antenas de comunicação, visando facilitar a localização e neutralização de alvos inimigos, contribuindo com o fortalecimento do Poder Naval chinês, mais especificamente a frota de submarinos, os quais possuem grande

---

<sup>9</sup> Disponível em: < <https://www.navalnews.com/2022/02/u-s-navy-christens-first-snakehead-lduuv-prototype/>>. Acesso em: 01 de setembro. 2023.

desvantagem por serem altamente ruidosos, sendo assim mais fácil de serem detectados e neutralizados durante as operações militares abaixo da linha d'água.

**Figura 2.10:** Veículo submarino não tripulado de grande deslocamento da Marinha da China.



Fonte: Asia Times<sup>10</sup>

Sendo assim, o AUV comprovadamente transforma-se numa arma essencial e significativa para as Marinhas na guerra antissubmarina, pois para fazer frente aos submarinos modernos, os quais ficam mais letais com o passar do tempo, devido ao desenvolvimento tecnológico que avança a passos largos no setor de defesa naval, é necessário obter recursos de alto nível para aumentar a capacidade de defesa naval, além de manter a soberania nas águas jurisdicionais do seu respectivo território.

## 2.4 Operações de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR)

Historicamente, Segundo Lopes (2019, p.19) a tecnologia passou a ter uma grande influência no ambiente de combate naval, pois diversas Forças Navais ao longo dos anos passaram a aplicar recursos tecnológicos para obter superioridade em relação aos seus

---

<sup>10</sup> Disponível em: < <https://asiatimes.com/2022/09/chinas-supersized-drone-subshrouded-in-mystery/> >. Acesso em: 10 de setembro. 2023.

adversários e conseqüentemente conseguir exercer controle marítimo e negar o uso do mar da área de interesse.

No período entre a Primeira e Segunda Guerra Mundial pode-se constatar, mesmo que remotamente a influência da aplicação de recursos tecnológicos no campo de batalha naval, como o advento das transmissões sem fios nos navios (TSF), inovação que permitia a prática da atividade de reconhecimento a distâncias além do campo visual, possibilitando uma compilação do cenário tático em tempo real durante uma guerra naval, outros recursos tecnológicos essenciais que surgiram nesse período foram o emprego das aeronaves e radares no ambiente de guerra marítimo, contribuindo com as atividades de vigilância, reconhecimento e inteligência, mesmo que de maneira muito embrionária. Porém a intervenção humana ainda permanecia como fator desequilibrante e soberano, principalmente em relação aos processos decisórios nas situações de combate naval ( Doshi e McGuinness , 2021).

Entretanto, com o passar dos anos o desenvolvimento tecnológico foi tornando-se cada vez mais significativa, fato que refletiu diretamente na indústria de defesa e na forma de tomar decisões durante a guerra. Afirmação que pode ser constatada analisando a Primeira Guerra do Golfo, segundo Waack (2006, p.459) foi um conflito que evidenciou a importância do correto emprego da tecnologia, especialmente em relação a coleta, processamento e exploração das informações obtidas em tempo real através das operações ISR para uma correta construção da consciência situacional e tomada de decisão.

Posteriormente, de acordo com Silva (2010, p.28), as ações de inteligência, vigilância e reconhecimento foram intensificadas e tornaram-se ainda mais protagonistas nos processos decisórios da Guerra do Iraque, devido ao fornecimento de informações em tempo real do ambiente de batalha. Tais operações foram realizadas com o auxílio de veículos autônomos e não tripulados que munidos com sensores e câmeras possibilitaram uma elucidação correta, com relação a consciência situacional de todos os ambientes de guerra, possibilitando assim a execução de operações eficientes com menores exposições do pessoal aos ataques dos adversários.

Conceitualmente, o Dicionário de Termos Militares e Associados do Departamento de Defesa dos EUA<sup>11</sup> (2010, p.116) defini as atividades de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) como: “uma atividade que sincroniza e integra o planejamento e

---

<sup>11</sup> EUA. DEPARTMENT OF DEFENSE. Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms. Washington D.c: Department Of Defense, 2010. Disponível em: < <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1029823.pdf>> . Acesso em: 10 set. 2019

operação de sensores, ativos, sistemas de processamento, exploração e disseminação em apoio a operações atuais e futuras”

De acordo com Leite e Souza (2019, p.1), o conceito de ISR caracteriza-se pelo potencial das atividades de inteligência, vigilância e reconhecimento produzirem de maneira rápida e precisa dados detalhados, principalmente sobre as capacidades do inimigo e o ambiente de interesse. A integração dessas atividades são fundamentais diante do cenário atual de guerra naval, pois a atuação de forma conjunta é capaz de gerar informações essenciais para a construção de uma consciência situacional clara e precisa do ambiente marítimo, a qual facilita e torna cada vez mais rápido e eficiente o processo de tomada de decisão durante o combate.

De acordo com Dermitas; Turk e Ozer (2014, p. 549) a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) conceitua as operações ISR e cada termo componente da mesma, da seguinte forma:

1. Inteligência: É o resultado final do processamento das informações coletadas, relativas a todas capacidades e alternativas do adversário e ao ambiente de interesse, as quais auxiliaram o processo decisório na elaboração de estratégias, visando o emprego das forças militares;
2. Vigilância: Utilização de todos os recursos de monitoramento, visando realizar uma completa observação, a fim de identificar e posteriormente evitar a atuação de possíveis ameaças inimigas, em todos os ambientes de guerra;
3. Reconhecimento: Seu principal objetivo é coletar dados claros e precisos capazes de identificar as atividades e recursos do adversário, além de identificar as características relevantes da região de interesse; e
4. ISR: É a atividade responsável por realizar a integração entre a direção de comando, os sensores, além do processamento de informações e inteligência, visando realizar a divulgação do resultado dessa atividade oportunamente, a fim de subsidiar os decisores e provê uma consciência situacional eficaz.

Dado exposto, pode-se considerar a atividade ISR como recurso primordial na construção de uma consciência situacional marítima (CSM), a qual possui o objetivo de providenciar um correto entendimento, das diversas variáveis que envolvem o ambiente marítimo em tempo real para o decisor. Dessa forma, torna-se essencial a construção dessa consciência, com o intuito de possibilitar um correto emprego dos meios militares durante uma guerra naval. A CSM é definida por Faria (2012, p. 219-220), da seguinte maneira:

“o entendimento dos acontecimentos militares e não militares, atividades e circunstâncias, dentro e associadas ao ambiente marítimo, que são relevantes para as atuais e futuras ações de um país, onde o ambiente marítimo são os oceanos, mares, baías, estuários, rios, regiões costeiras e portos”, sendo seu propósito “desenvolver a capacidade para identificar as ameaças existentes, o mais breve e o mais distante possível do país, por meio da integração de dados de inteligência, vigilância, observação e sistemas de navegação, interagindo em um mesmo quadro operacional.”

Nesse contexto, os veículos submarinos autônomos são plataformas ideais para realizarem as atividades de inteligência, vigilância e reconhecimento, com o propósito de prover uma consciência situacional marítima adequada, tendo em vista sua capacidade de autonomia aliada a quantidade de sensores e câmeras que podem ser embarcados nesses veículos. Além de, segundo Ilachinski (2017, p. 138-140), possuir as seguintes vantagens: evitar a exposição do pessoal à áreas hostis, redução de custos de operação, além de não possuir limitações atreladas á capacidades humanas, como o estresse e fadiga, consequentemente aumentando a sua capacidade de permanência durante uma operação.

De acordo com Leite e Souza (2019, p.1) as marinhas modernas passaram a implementar as atividades de ISR em conjunto com a inteligência artificial dos veículos autônomos submarinos, proporcionando uma maior quantidade, rapidez e qualidade na coleta de dados e no processamento de informações, levando a um melhor aproveitamento desse conteúdo obtido. Esses fatores são primordiais no desenrolar de um combate naval moderno visando a manutenção em tempo real da CSM.

Visando exemplificar as constatações anteriores, pode-se citar dois veículos autônomo submarinos de grande porte de duas das maiores potências mundiais atualmente, a Marinha dos Estados Unidos da América e a Marinha da China. A primeira possui capacidade de realizar as atividades de inteligência, vigilância, reconhecimento (ISR), através do *Snakehead*, enquanto a segunda possui o HSU001 dotado de inúmeros sensores em seus dois mastros reclináveis possibilitando a atividade ISR em todos os ambientes de guerra, sendo capaz de coletar dados de todos os ambientes de guerra (Aragão, 2022).

Dado exposto, é notório a grande importância e influência das operações de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) para a construção de uma consciência situacional marítima e como os veículos submarinos autônomos são essenciais para amplificarem as capacidades dessas missões. Pois são capazes de reduzir os riscos de perda de pessoal ao diminuir a exposição dos mesmos em ambientes hostis, reduzir os custos operacionais, tendo em vista a menor complexidade logística e de manutenção que envolve o AUV em comparação a um meio tripulado e o aumento de autonomia aliado com a manutenção



de um alto desempenho, devido a ausência dos fatores humanos, como estresse e fadiga, os quais podem vir a interferir em missões com o emprego de meios tripulados.

Com isso, vale a salientar a importância de incentivar a aquisição ou fabricação de veículos submarinos autônomos pela Marinha do Brasil, tendo em vista a vasta extensão das águas jurisdicionais brasileiras (AJB) e todo o esforço despendido para realizar atividades de ISR no ambiente marítimo brasileiro, com o intuito de manter a soberania e antecipar-se de possíveis ataques inimigos, aumentando a capacidade do Poder Naval brasileiro.

### **3 METODOLOGIA**

De acordo com Prodanov e Freitas (2013, p.14) pode-se considerar a metodologia como uma ferramenta atrelada a exploração de todos os instrumentos disponíveis para a confecção de uma pesquisa acadêmica, com o objetivo principal de coletar e processar dados, os quais levam a soluções dos questionamentos e problemáticas levantadas mediante a um projeto de pesquisa científico. Dessa forma, foi realizada quanto a natureza do método, uma pesquisa qualitativa, a qual, pode ser definida da seguinte maneira:

A pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Obtendo dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (Godoy, 1995, p.58).

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

##### **3.1.1 Quanto aos fins**

A pesquisa é classificada quanto aos fins como descritiva, tendo em vista o caráter descritivo em relação às operações militares realizada pelos veículos submarinos autônomos, com o propósito de afirmar a sua importância diante de um cenário de guerra naval para Marinha do Brasil. Segundo Gil (2002, p. 42): “As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno(...)”.

### 3.1.2 Quanto aos meios

Em relação aos meios pode-se classificar a pesquisa realizada em questão como bibliográfica. Pois o trabalho foi baseado na coleta de informações através de pesquisas realizadas em livros, artigos científicos, teses e dissertações. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p.54), define-se pesquisa bibliográfica como:

“elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet, com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. Em relação aos dados coletados na internet, devemos atentar à confiabilidade e fidelidade das fontes consultadas eletronicamente. Na pesquisa bibliográfica, é importante que o pesquisador verifique a veracidade dos dados obtidos, observando as possíveis incoerências ou contradições que as obras possam apresentar.”

## 3.2 Limitações do Método

A aquisição e emprego de novas tecnologias em meios navais, para serem bem sucedidos, dependem da disponibilidade de recursos orçamentários e a realização de testes visando determinar a compatibilidade do AUV com os meios navais responsáveis por realizarem o seu lançamento.

Com isso a limitação do método consiste em dois fatores, sendo o primeiro a dificuldade de estimar o custo exato de aquisição de veículos submarinos autônomos em quantidade suficiente para realizar operações militares por toda área marítima brasileira e o segundo a complexidade de serem realizados testes para determinar quais meios navais da Marinha do Brasil seriam capazes de executar o lançamento do AUV, além de identificar possíveis adaptações, caso fossem necessárias.

## 3.3 Coleta e Tratamento de Dados

A coleta de dados foi realizada através de pesquisas bibliográficas, principalmente com a utilização de monografias, livros e artigos científicos e posteriormente foi realizado o

tratamento dessas informações, com objetivo de concatenar os dados obtidos através da pesquisa visando solidificar as afirmações levantadas pelos objetivos da pesquisa.

## **4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo será realizada a concatenação de todos os dados apresentados anteriormente, com o propósito de analisar os resultados obtidos, a luz do referencial teórico apresentado no presente trabalho e visando ratificar o objetivo principal da pesquisa que é a evidencição da importância do emprego de veículos autônomos submarinos na Marinha do Brasil na guerra naval, além de validar os objetivos específicos, os quais referem-se a capacidade de empregar os veículos autônomos submarinos como meios navais eficazes nas operações de contramedidas de minagem, guerra antissubmarina e inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) e sua importância na redução de perda de pessoal e custos econômicos durante as operações militares.

### **4.1 Análise do Emprego de Veículos Autônomos Submarinos na Marinha do Brasil**

É notório o fato das águas jurisdicionais brasileiras (AJB) estarem entre os maiores patrimônios do Brasil, abrigando uma infinidade de riquezas, como: petróleo e gás natural em seu leito marinho, além de proporcionar uma série de atividades econômicas, por exemplo: a pesca e as vias de comércio marítimo. Dessa forma, diante da grande importância econômica devido às inúmeras riquezas naturais concentradas nas águas brasileiras, a Marinha do Brasil necessita estar com a sua Força Naval permanentemente preparada para realizar a defesa de um território marítimo abundantemente rico (Marinha do Brasil, 2017).

Diante de um ambiente marítimo imensamente valioso, é missão da Marinha do Brasil o aprestamento do Poder Naval, com o intuito de estar pronto para ser empregado e defender este território contra qualquer ameaça inimiga. Para realizar estas tarefas é fundamental possuir meios capazes de realizarem a vigilância, reconhecimento e posteriormente neutralização das ameaças, proporcionando assim a negação do uso do mar ao inimigo, além do completo controle da AJB. Dessa forma, a Força Naval deve estar aparelhada com meios modernos, os quais utilizam tecnologias de ponta, com a finalidade de desencorajar possíveis ataques às águas jurisdicionais brasileiras. Considerando a vasta extensão da área

marítima brasileira é fundamental que esses meios navais possuam a capacidade de permanecer por longos períodos durante a execução de uma missão, além de serem versáteis, móveis e flexíveis (Ministério da Defesa, 2020).

Nesse contexto, surge o veículo autônomo submarino. Considerando todos os assuntos abordados no referencial teórico, pode-se constatar a eficiência desses veículos nas operações militares. Dessa forma seria capaz de preencher principalmente as lacunas existentes nas operações de contramedidas de minagem exercidas pela Marinha do Brasil, devido a pouca quantidade de meios disponíveis para executarem este tipo de missão em específico, fato apresentado no item 2.2, contribuindo e aumentando sobremaneira a capacidade da Força Naval do Brasil nas atividades de guerra anti-submarina, possibilitando uma maior capacidade na negação do uso do mar, além de potencializar o nível de dissuasão, fatos comprovados no item 2.3, outro fator considerável seria a evolução expressiva nas operações de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR), possibilitando um maior controle marítimo da área de interesse, através de atividades de detecção, identificação e construção de uma consciência situacional marítima adequada. Fator essencial para realizar o emprego eficaz dos meios navais, visando neutralizar as possíveis ameaças, através do AUV, de forma autônoma, diminuindo os riscos de perda de pessoal e reduzindo significativamente os custos operacionais.

## **5 CONCLUSÃO**

A dissertação em questão foi baseada no propósito de validar a seguinte afirmação: a importância do emprego de veículos autônomos submarinos na Marinha do Brasil, visando potencializar as capacidades de operações das Forças Navais do Brasil e conseqüentemente contribuir com o Poder Naval. Dessa forma, para solidificar e ratificar a afirmação em pauta foi realizada uma pesquisa bibliográfica, principalmente no que tange a utilização do AUV no meio militar.

O grande avanço tecnológico, observado nos dias atuais, reflete diretamente na forma de preparação e atuação das Forças Navais de todo o mundo. Dessa forma, é evidente o crescente emprego de veículos autônomos submarinos pelas Marinhas mais evoluídas tecnologicamente, para realizarem operações militares, principalmente em ambientes hostis e de difícil acesso, possibilitando uma maior autonomia, versatilidade e flexibilidade durante a execução de missões no desenrolar de uma guerra naval.

Tendo em vista, a imensurável extensão do território marítimo brasileiro e a grandiosa riqueza contida no mesmo, vale salientar que a Marinha do Brasil necessita de meios navais modernos, visando manter a soberania no ambiente marítimo do país. Nesse contexto, surge o veículo autônomo submarino, o qual, conforme abordado nas seções anteriores é um meio naval capaz de potencializar as operações militares executadas pela Marinha do Brasil, como: operações de contramedidas de minagem, guerra antissubmarina, atividades de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR), fundamentais durante a guerra naval. Sendo assim, como constado no decorrer do referencial teórico do presente trabalho, o mesmo é capaz de atender com êxito todas as principais demandas geradas pelas situações que envolvem um possível conflito no mar.

Com isso, é possível constatar através das informações apresentadas e analisadas que o AUV também é um recurso valioso, quanto meio naval, para atender os objetivos específicos levantados na presente dissertação, sendo estes: a eficácia deste veículo nas operações de contramedidas de minagem, guerra antissubmarina e inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) e o grande benefício de reduzir os custos operacionais e o risco de perda de pessoa durante a execução das missões.

Por fim, tendo em vista todos os desafios apresentados pelo novo cenário de guerra no ambiente marítimo, o qual é afetado diretamente pelo avanço e emprego tecnológico no âmbito de atuação das Forças Navais de forma que seja possível garantir a defesa das águas jurisdicionais do Brasil através de uma Marinha moderna e pronta para fazer frente a todas ameaças inimigas possíveis, é possível concluir este trabalho de maneira sólida, validando o objetivo principal do mesmo, a importância do emprego de veículos autônomos submarinos na Marinha do Brasil.

## **5.1 Sugestões para Futuros Trabalhos**

É notória a necessidade de realizar estudos mais aprofundados com o objetivo de verificar a viabilidade econômica para aquisição ou fabricação de veículos autônomos submarinos, com o intuito de especificar entre as duas qual seria a opção com melhor custo benefício para Marinha do Brasil. Outro fator, o qual não foi possível abordar na presente dissertação é a questão de quais navios poderiam atuar como lançadores desses veículos autônomos submarinos, visando identificar possíveis adaptações a serem realizadas, ou caso não fosse possível, realizar a aquisição ou construção de meios de superfícies compatíveis com o AUV e capazes de realizarem este lançamento.

Vale ressaltar, uma tática extremamente interessante, com relação o emprego dos AUV no meio militar, a utilização dos mesmos de forma colaborativa com comportamento de enxame, onde diversos veículos autônomos submarinos atuam em conjunto em total sintonia visando a execução de determinadas missões, como o patrulhamento ou até mesmo uma varredura em formação.

## REFERÊNCIAS

DANTAS, João Lucas Dozzi. **Metodologia numérica para estimativa da manobrabilidade de veículos autônomos submarinos**. 2014. 351 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SOUSA, João Victor Nunes de. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 139, n. 10/12, p. 185-191, 2019. Trimestral.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Plano Nacional de Defesa (PND). ,2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-defesa/pnd_end_congresso_.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CARVALHO, Rodrigo de Campos. **CONTRAMEDIDAS DE MINAGEM**: possibilidades de emprego do veículo autônomo remus 100 nas contramedidas de minagem. 2016. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior, Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2016.

AZEVEDO, Diana Oliveira Martins. **Conceito de Operação dos Veículos Submarinos Autônomos SeaCon a partir dos Submarinos da Classe Tridente**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Navais, Formação de Marinha, Escola Naval, Portugal, 2013.

VON ALT, CHRISTOPHER. **REMUS 100 transportable mine countermeasure package**. In: OCEANS EUROPE CONFERENCE, 2003, San Diego, CA, EUA. Proceedings... [S.l.]: IEEE, 2003., v.4, p. 1925-1930. Disponível em: <[https://data.coaps.fsu.edu/eric\\_pub/RSMAS/transfer/AutonomousUnderwaterVehicles.pdf](https://data.coaps.fsu.edu/eric_pub/RSMAS/transfer/AutonomousUnderwaterVehicles.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2023.

LOPES, José Diogo Rodrigues Nabais. **História de acidentes com submarinos**: evolução dos meios de salvamento. 2021. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Militares Navais, Formação de Marinha, Escola Naval, Portugal, 2021.

BLIDBERG, RICHARD. **The development of autonomous underwater vehicles (AUV): a brief summary.** 2001. 12 p. Disponível em: < <https://docplayer.net/38820649-The-development-of-autonomous-underwater-vehicles-auv-a-brief-summary.html>> . Acesso em: 25 jun. 2023.

Butler, B., Black, M., **The Theseus Autonomous Underwater Vehicle – Two Successful Missions**, 1997.

BRAGA, Bruno Heinen. **AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES:: desenvolvimento e aplicações.** 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geofísica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

PE Hagen, N. Storkersen, K. Vestgard e P. Kartvedt, **"O veículo subaquático autônomo HUGIN 1000 para aplicações militares"**, *Oceans 2003. Celebrando o Passado... Unindo-se em Direção ao Futuro (IEEE Cat. No.03CH37492)* , San Diego, CA, EUA, 2003, pp.

FREITAS, CLÁUDIO C. R. S. A Força de Minagem e Varredura de ontem e hoje – 50 anos. **Revista Marítima Brasileira**, v. 131 n. 04/06 – abr./jun. 2011, p. 17-26, Serviço de Documentação Geral da Marinha, Rio de Janeiro, 2011.

VOGT, R. GUERRA DE MINAS. **Revista Marítima Brasileira**, out. 2019. Rio de Janeiro. YONHAP. S. Korea to develop autonomous underwater mine detector. Disponível em: < 3927-Texto do artigo- 14510-1-10-20230526 (1).pdf>. Acesso em: 03 ago.2023.

MAÊDA, Sérgio Mitihiro do Nascimento. **SAPEVO-M-NC: desenvolvimento do modelo axiomático e implementação computacional de uma ferramenta para o apoio à tomada de decisão - uma aplicação na seleção de veículos autônomos submarinos para a marinha do brasil.** 2022. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia e Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2022.

FERNANDES, Marisa. A Arma Submarina na Estratégia Alemã na Primeira Guerra Mundial. **Nação e Defesa**, Portugal, v. 145, p. 133-152, 2016.



BASTOS, Alex Henning. A Guerra A/S de uma perspectiva ampla. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, 3º trimestre, 1972.

VALADARES, Larissa *et al.* **Os radares e sonares na Guerra**. 2017. Disponível em: <https://minionupucmg.wordpress.com/2017/07/21/os-radares-e-sonares-na-guerra/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

FRĄCKIEWICZ, Marcin. **Explorando as Profundezas::** um olhar sobre veículos subaquáticos autônomos (auvs). Um Olhar sobre Veículos Subaquáticos Autônomos (AUVs). 2023. Disponível em: <https://ts2.space/pt/glossario-de-termos-veiculos-subaquaticos-autonomos-auvs/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ARAGÃO, Ricardo Jorge Cruz de. O DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS SUBMARINOS NÃO TRIPULADOS DA MARINHA CHINESA: na guerra antissubmarino em oposição à superioridade da marinha norte-americana no oceano pacífico. **Revista Passadiço**, Niterói, v. 42, p. 46-49, fev. 2023.

WAACK, William. Guerras do Golfo. *In*: MAGNOLI, Demétrio. **História das guerras**. São Paulo: Contexto, 2006.

SILVA, Francisco Carlos Teixeira da. Terrorismo e Guerra na Era da Assimetria Global. *In*: SILVA, Francisco Carlos Teixeira da. Terrorismo na América do Sul. Rio de Janeiro: **Multifoco**, 2010. p. 17-69.

LEITE, L. M. K. ; SOUZA, J. R. B. . **A Aplicação de Inteligência Artificial na esfera de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento e os potenciais benefícios para a Marinha do Brasil**. *In*: III Encontro Regional Sudeste da ABED, 2019, Niterói. Artigos (Avulsos) para Painéis, 2019.

FARIA, João Afonso P. M. de. A Consciência Situacional Marítima (CSM) e a Marinha do Brasil. Aula Inaugural dos Cursos de Altos Estudos da Escola de Guerra Naval em 2012. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 214-231, jan./jun. 2012.

DEMIRTAS, Unal; TURK, Yusuf Ziya; OZER, Mustafa. *The Role Of Intelligence, Surveillance, And Reconnaissance In Disaster And Public Health Emergency*. *Prehospital And Disaster Medicine, Cambridge*, v. 29, n. 5, p.549-550, out. 2014. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/prehospital-and-disaster-medicine/article/role-of-intelligence-surveillance-and-reconnaissance-in-disaster-and-public-health-emergency/40560FCBCF1B4FBAA578719D11069686>> . Acesso em: 02 set. 2023.

Ilachinski, Andrew. 2017. **AI, Robots, and Swarms Issues, Questions, and Recommended Studies**. Washington, DC: Center for Naval Analyses.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277p.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

MARINHA DO BRASIL. **EMA-322: O Posicionamento Da Marinha Do Brasil Nos Principais Assuntos De Interesse Naval Marinha Do Brasil Estado-Maior Da Armada 2017**. , 2017. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/ema-322.pdf>> . Acesso em: 14 set. 2023.

DOSHI, Rush; MCGUINNESS, Kevin. **A Huawei na história:: grandes potências e risco de telecomunicações, 1840-2021**. Brooking: Brookings Institution, 2021.