

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

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
GUERRA ACÚSTICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

EMPREGO DE DESPISTADORES, COMO MEDIDAS SOFT KILL PARA
AUTODEFESA CONTRA TORPEDOS LANÇADOS POR SUBMARINOS

Análise comparativa dos sistemas avançados de detecção anti-torpedos



PRIMEIRO-TENENTE PAULO VICTOR LIMA FERREIRA

Rio de Janeiro
2023

PRIMEIRO-TENENTE PAULO VICTOR LIMA FERREIRA

EMPREGO DE DESPISTADORES, COMO MEDIDAS SOFT KILL PARA
AUTODEFESA CONTRA TORPEDOS LANÇADOS POR SUBMARINOS

Análise comparativa dos sistemas avançados de detecção anti-torpedos

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

Orientadores:

Natanael Moura Júnior

CT Paulo Ricardo Machado Costa

CIAA
Rio de Janeiro
2023

PRIMEIRO-TENENTE PAULO VICTOR LIMA FERREIRA

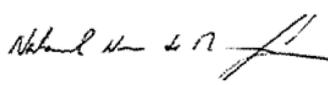
EMPREGO DE DESPISTADORES, COMO MEDIDAS SOFT KILL PARA
AUTODEFESA CONTRA TORPEDOS LANÇADOS POR SUBMARINOS

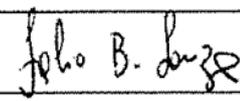
Análise comparativa dos sistemas avançados de detecção anti-torpedos

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

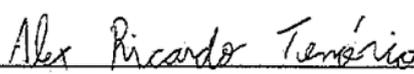
Aprovada em _____

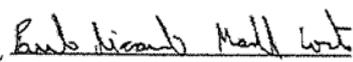
Banca Examinadora:

Natanael Moura Júnior, Dr — UFRJ 

CF Fabio Barbosa Louza - IEAPM 

CC Daniel Gama de Souza — CIAA 

CT Alex Ricardo Tenório CIAA 

CT Paulo Ricardo Machado Costa — CAAML 

Dedico este trabalho àqueles que me apoiaram incansavelmente nessa jornada, meus pais Paulo Roberto e Simône Lima, e minha admirável e amável esposa Paula Barros, pois estes sabem o quanto o ano corrente foi dedicado aos estudos e pesquisas, e sempre souberem me fornecer o apoio e a base necessária

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom gratuito da vida, sem o qual não estaria realizando este trabalho. Agradeço aos meus pais, que sempre foram meu alicerce em minha vida, incentivando e acreditando no meu potencial, serviram de referência em minha vida pelos exemplos e caráter demonstrados, criando de forma honrosa eu e minha irmã, nos direcionando para o melhor caminho. Agradeço minha irmã, amiga incontestável e cuidadosa.

Agradeço a minha esposa Paula, por me acompanhar neste ano, mesmo sabendo das dificuldades na vida acadêmica, não deixou de me incentivar e demonstrar seu companheirismo mútuo. Acredito que seu apoio incondicional desde sempre me fez prosperar em minha vida. Agradeço minha enteada, pelo convívio familiar proporcionado durante esses anos, e por compartilhar tantos momentos de alegria em nossa vida.

Agradeço ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino (CIAA), por todo material e professores excepcionais a disposição, toda a estrutura proporcionada neste ano. Agradeço aos meus orientadores acadêmicos e técnicos Natanael Moura Júnior, Capitão-Tenente Ricardo Costa, pelo apoio e auxílio necessário que foi de grande valia no aprendizado e na estruturação do trabalho, agradeço ao coordenador Carlos Martins, que contribuiu de sobremaneira para o bom andamento do curso. E por fim, agradeço aos colegas da turma, em especial aos de Guerra Acústica, por todo companheirismo e amizade despendidas durante este ano, e todos os compartilhamentos e ensinamentos adquiridos.

“A suprema arte da guerra é derrotar
o inimigo sem lutar.”

Sun Tzu

EMPREGO DE DESPISTADORES, COMO MEDIDAS SOFT KILL PARA AUTODEFESA CONTRA TORPEDOS LANÇADOS POR SUBMARINOS

Análise comparativa dos sistemas avançados de detecção anti-torpedos

Resumo

Dado o crescente desenvolvimento tecnológico da última década, a guerra obteve notória mudança contextual, fato este proporcionada pelo estudo nas áreas de pesquisas e desenvolvimento bélico. Nesse contexto, a guerra antissubmarino (A/S) recebeu destaque nos últimos anos, pelo poder de surpresa e dissuasão que o submarino possui. Dessa forma, países dotados de capacidades e recursos têm desenvolvidos torpedos cada vez mais modernos, leves, silenciosos, com capacidades técnicas significativas, softwares poderosos integrados e poder de alcance maior. De fato, isso levou os países a desenvolverem sistemas e técnicas de contramedidas, com empregos soft kills, e hard kills. Esses sistemas são conhecidos como sistemas avançados de detecção anti-torpedos (ATDS), estes podem ser adaptados em navios, submarinos ou ambos. O estudo do trabalho proposto visa detalhar esses sistemas, e extrair o máximo de capacidades oriundas, suas vantagens de implementação na Marinha do Brasil (MB), e realizar uma análise comparativa deles para servir de subsídio para os leitores, e explicarmos um pouco esse assunto complexo que envolve os métodos de guerra anti-torpedos. Dessa forma, destacamos alguns torpedos modernos como o MK-48 e o protótipo francês F21, e sistemas avançados de detecção, como o Shade, o C-Guard, Hizir, e o Contralto-S.

Palavras- chave: Guerra antissubmarino, Torpedos modernos, sistemas avançados de detecção anti-torpedos (ATDS), soft kills, hard kills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cenário de uma guerra A/S	12
Figura 2 – Torpedo modernMK-48	18
Figura 3 – Sistema ATDS C-Guard	22
Figura 4 – Atuação do SONAR em um navio de superfície.....	27

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATDS	Sistemas Avançados de detecção anti torpedos
MB	Marinha do Brasil
RMB	Revista Marítima Brasileira
A/S ou ASW	Guerra antissubmarino
EMA	Estado Maior da Armada
AIP	Propulsão Ar-Independente
FAS	Federation of American Scientists
ADCAP	variante aprimorada Advanced Capability do torpedo MK-48
BDL	Bharat Dynamics Limited
MTBF	tempo médio entre falhas
RPU	Unidade de Processamento de Reação
SNR	Relação Sinal-Ruído
ANV	Aeronave

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Desafio perante à evolução da guerra.....	13
1.2 Relevância no contexto moderno.....	14
1.3 Objetivos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Características dos torpedos modernos	16
2.2 Torpedo Heavyweight F21	17
2.3 Torpedo Mark - MK 48.....	17
2.4 Métodos softkill e hardkill como medidas antitorpédicas.....	19
2.5 Sistema SHADE	19
2.5.1 Lescut.....	20
2.5.2 Torbuster.....	20
2.5.3 Modos de combate de operação do sistema Shade	21
2.6 Sistema avançado de detecção anti-torpedo Terma C-Guard.....	21
2.6.1 Vantagens do sistema Terma C-Guard	22
2.7 Sistema avançado de detecção HIZIR.....	23
2.8 Sistema avançado de detecção CONTRALTO-S para submarinos	24
2.9 Comparação dos sistemas avançados de detecção em relação aos decoys antigos	25
3 EMPREGO DOS SONARES.....	26
4 METODOLOGIA	30
4.1 Classificação da Pesquisa	31
4.2 Limitações do Método	31
4.3 Aquisição e análise das informações.....	32
5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	33

6 CONCLUSÃO	34
6.1 Sugestões para futuros trabalhos	34
REFERÊNCIAS	36

O EMPREGO DE DESPISTADORES ATDS POR NAVIOS DE SUPERFÍCIE, COMO MEDIDAS SOFT SKILL PARA AUTODEFESA CONTRA TORPEDOS LANÇADOS POR SUBMARINOS – ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS AVANÇADOS DE DETECÇÃO ANTI-TORPEDOS

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização, e a conseqüente evolução tecnológica, houve uma mudança de contextualização da guerra. Atualmente, ela ocorre nos níveis estratégicos e políticos, o que a torna imprevisível. Diante disso, é notória a preocupação dos países em desenvolver técnicas e aprimorar estudos para se anteciparem a um possível conflito. Neste contexto, insere-se as Forças Armadas Nacionais e suas capacidades de desenvolverem os sistemas de armamentos, sensores, meios, tanto de defesa quanto de ataque, assim como prover recursos para manutenção deles.

Ademais, o que observamos no mundo, neste século, são os países envidarem esforços na preparação de suas Forças e seus Meios, os capacitando pessoal e materialmente, a fim de evitar um conflito. Sabemos as ameaças que rodeiam os mesmos, com países dotados de armamentos nucleares e bioquímicos, o que no contexto exposto, poderia ocasionar em uma fatalidade global mesmo sem ser declarado o início de um conflito. Mediante a isso, a importância de obtermos uma força marítima, terrestre, e aérea capaz é não somente desejável, mas imprescindível, isso é o que denominamos de dissuasão, aspecto determinante em uma Força.

De acordo com a Doutrina Militar de Defesa composta no EMA e realçada na versão 143 da RMB (Revista Marítima Brasileira) publicada em janeiro de 2023, definimos dissuasão como: “manutenção de forças militares suficientemente poderosas e prontas para emprego imediato, capazes de desencorajar qualquer agressão militar”. Mediante a isso, os métodos de defesa contra torpedo têm sido enfatizados nos Navios Nacionais e Internacionais, e nas diversas esquadras, tendo em vista a ameaça que é configurada em um submarino dotado deste armamento e sua influência no poder dissuasivo do Estado. Além disso, sabemos o quanto esse meio pode ser camuflado pelo oceano, vantagem preponderante dele, e por conseguinte, identificá-lo tornou-se uma preocupação que norteia diversas Marinhas. Diante disso, cada vez mais tornou-se imprescindível a busca para equipar navios com sonares e armamentos para detectar, identificar, seja um submarino, seja um torpedo, e ainda assim,

inúmeras mortes. Todavia, não abordaremos as causas e consequências desse episódio marcante pois não é o foco da apresentação, esse contexto serve apenas de referência para o quanto devemos estar atentos contra esse tipo de emprego, mesmo estando em tempos de paz.

Nos atendo a essa perspectiva, atualmente, em 2022, eclodiu-se uma guerra entre Rússia e Ucrânia, quando tensões políticas e estratégicas se acumulavam na região. As consequências dessa guerra, que ainda está em andamento, impactaram o mundo todo. De fato, um conflito armado causado por disputas ideológicas, territoriais e políticas. Mesmo o Brasil estando em tempos de paz, sem ameaças externas nos continentes e países no entorno, a preocupação por uma Força Armada cada vez mais preparada, com equipamentos de ponta, tecnologia e estudos avançados, pessoal adestrado e qualificado para pronto emprego deve ser constante não só pelos próprios militares, bem como por todo o povo brasileiro, desde presidente, ministros, governadores, até empresários, servidores.

Contudo, versar sobre equipamentos de ponta, tecnologia avançada, estudos científicos de um modo geral, visando uma melhor preparação do emprego militar no Brasil possui uma gama extensa de assuntos, nosso desafio neste trabalho científico é apresentar ao leitor de maneira simplificada e alguns métodos usados em Navios para apoio na defesa contra submarinos, métodos de despistamento na iminência de um engajamento por torpedo, auxiliando na guerra Anti-Submarino(A/S). Para tal fim, vamos iniciar com um breve resumo histórico a despeito de alguns fundamentos que norteiam essa guerra, que é a propagação de ondas sonoras no ambiente marítimo. De fato, para tratarmos de uso de armamentos e métodos evasivos ou de neutralização embaixo da superfície da água, é essencial abordarmos o som como forma de onda mecânica emitida em um meio líquido, suas características e seus fundamentos, sendo o meio de transmissão em uma guerra acústica.

1.1 Desafio perante a evolução da Guerra

Quando se pensa em guerra acústica, onde busca-se o meio subaquático como estudo para análises de estratégias de ataque e defesa, não podemos deixar de mencionar a principal ameaça subaquática para navios, que são os ataques por torpedos, nota-se seus efeitos catastróficos na Segunda Guerra Mundial. Diante disso, adquirir conhecimento sobre esses armamentos, assim como métodos para evitar seu ataque, dispersar ou neutralizar aqueles tornou-se essencial para o Poder Naval de uma Força Armada.

Torpedos são tipos de munições explosivas, que são autopropulsionados após seu lançamento, estes equipam tanto em navios de guerra, quanto em submarinos e aeronaves, seu funcionamento consiste em, através de um software pré-programado, ir de encontro ao alvo e

destruí-lo com seu poder explosivo. Similarmente a todas as armas de fogo, o torpedo obteve uma notória evolução desde sua descoberta. Face ao exposto, os primeiros torpedos criados eram de madeira com um explosivo na ponta, que eram lançados sem alteração de rumo. Tornou-se necessária mudanças na sua estrutura com as demandas e os avanços das guerras. Diante disso, o americano Matthew F. Maury desenvolveu o primeiro torpedo elétrico, sem obter eficácia. O croata Giovanni Lupis desenvolveu os primeiros protótipos de torpedos autopropulsionados que serviriam como base para os estudos futuramente.

Com os avanços tecnológicos cada vez mais impactantes, tem-se desenvolvido torpedos cada vez mais sofisticados e leves. Sua capacidade de operação depende de um software integrado neste, e sua ocultação em Guerra Acústica depende de sua capacidade de operar em modo silencioso, de forma a dificultar a detecção de um equipamento Sonar. Por mais desafiador que pareça, há a possibilidade de reduzir o poder de letalidade de um torpedo, seja por métodos evasivos, seja por métodos de neutralidade, e essa será a discussão neste trabalho.

1.2 Relevância no contexto moderno

Em um mundo cada vez mais diversificado devido à evolução tecnológica, o principal desafio encontrado pelos países no que tange à guerra antissubmarino, é o desenvolvimento de Sistemas Avançados (ATDS), capazes de detectar, e classificar antecipadamente uma ameaça de torpedo, a fim de que navios ou submarinos possam fazer as manobras evasivas ou o engajamento contra o torpedo. Não obstante, o que tem dificultado diversas forças, é o fato de contramedidas convencionais não surtirem mais o efeito esperado, diante da resposta rápida dos torpedos modernos em diferenciar as características da fonte emissora. De fato, muitos torpedos já conseguem armazenar em seu banco de dados assinaturas acústicas de navios, o que o facilita em separar estes de sinais produzidos por iscas de ecos falsos. Essa capacidade depende de tecnologia de ponta, softwares de processamento de sinais capazes de interceptar um disparo de torpedo. Evidentemente, a probabilidade de que o sonar operando, obtenha uma detecção, diante de um falso alarme, deve ser significativa, ou seja, o sistema deve ser eficaz de modo a minimizar os erros, para subsidiar uma tomada de decisão, que no caso de um torpedo, o caso contrário pode gerar efeitos devastadores.

1.3 Objetivos

O objetivo proposto por este trabalho é descrever toda problemática que envolve uma detecção de torpedos em um ambiente de guerra, isso inclui tomada de decisão com baixo índice de erros, também demonstramos diversos equipamentos que se baseiam nesse tipo de análise para detectarem e tomarem a melhor decisão de neutralizar o efeito daquele.

Em um ambiente discriminado por tensões e riscos, que é o de guerra, sistemas automatizados, que fazem uma análise rápida diante de dados pré-programados são essenciais para o sucesso da missão. Diante disso, objetivamos expor alguns métodos antitorpédicos utilizados nas diversas marinhas, e sistemas avançados de detecção que estão sendo estudados e testados, suas vantagens e limitações em relação aos métodos convencionais que são os despistadores antigos.

Em resumo, propomos uma análise comparativa entre os diversos sistemas que serão abordados, descrevendo suas vantagens, limitações, fatores em comuns, demandas adaptativas. Somando-se a isso, destacamos a importância de buscarmos cada vez mais uma equipagem de sistemas avançados de detecção nos meios de superfície.

Dessa forma, nosso estudo visa buscar descrever todo problema de detecção dos torpedos, tendo em vista sua importância na defesa dos navios de superfície, o operador deve ter sistemas automatizados que propiciem uma rápida tomada de decisão que tenha alto índice de eficácia, caso contrário, uma classificação errada do sinal pode levar a iminência de uma destruição do meio. A classificação dos contatos envolve análises em processamentos, processos estocásticos, o que o impede de encontrar um limiar que garanta 100% de acerto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

...Durante os anos da “Guerra Fria”, o grande desafio das operações A/S (ou ASW) era o combate ao submarino nuclear nas águas profundas, onde os submarinos nucleares soviéticos poderiam atacar as linhas de comunicações marítimas aliadas. Atualmente, com a proliferação dos modernos submarinos diesel-elétricos dotados de propulsão AIP, os antigos sensores e táticas não funcionam mais. A maior parte dos sensores desenvolvidos para as ameaças da Guerra Fria, submarinos nucleares ruidosos, não têm eficácia contra os pequenos submarinos convencionais ultra-silenciosos. A operação A/S em águas rasas caracteriza-se pelos altos níveis de reverberação e o grande número de “falsos contatos”, sendo extremamente desfavorável aos problemas da detecção e da classificação dos navios... (GALANTE, 2009)

O que é observado no exposto é a evolução da guerra antissubmarino, tornando-se cada vez mais silenciosa, dificultando a detecção por sonares antigos, sendo necessário um desenvolvimento tecnológico e estudos aprofundados em sistemas avançados de detecção, principalmente na discriminação de um torpedo, tendo em vista sua letalidade perante a esse tipo de guerra.

2.1 Características dos torpedos modernos

Com o passar do tempo, tornou-se notória a preocupação cada vez maior em relação a defesa territorial diante do ataque de torpedos modernos, sendo assim, medidas convencionais adotadas não surtem uma eficácia esperada quando se depara contra esses torpedos, que têm características operacionais e técnicas capazes de causar o efeito surpresa. O torpedo, como medida dissuasiva de maior impacto disposta em submarinos, tem sido estudado e aperfeiçoado a tempos, e todas as consequências de seus ataques foram descritos na introdução. Para tal, o armamento é disposto de um sonar, ativo ou passivo, que o torna autoguiado.

Os torpedos modernos têm como principal vantagem a resistência a contramedidas impostas por outros meios, através de software de programação. Para exemplificar, uma contramedida típica de navios consiste em lançamento de despistadores, que simulam falsos ecos na hora da detecção do torpedo, e com a evolução deste, já é possível distinguir esses falsos ecos do eco verdadeiro do navio. Cabe salientar, a ameaça que um tipo de torpedo desse nível de complexidade pode gerar em um Estado, principalmente aqueles que carecem de uma força preparada, seja por falta de recurso, tecnologia, dentre outros.

Entretanto, esses torpedos cada vez mais sofisticados necessitam de adaptação e recursos complexos para seu uso de maneira eficaz, de acordo com a publicação no site do poder naval, na Guerra das Malvinas, o submarino nuclear britânico HMS Conqueror afundou o cruzador argentino ARA General Belgrano usando torpedos antigos Mk.8 de trajetória reta, mesmo tendo torpedos modernos equipados a bordo, em contrapartida, o submarino argentino lançou torpedos modernos de fabricação alemã, sem obter eficácia no engajamento dos alvos.(GALANTE, 2021). Mediante a isso, o alto nível de complexidade exige um entendimento, estudo e capacidade de adaptação apropriado, para que o efeito seja o desejado.

2.2 Torpedo Heavyweight F21

Vale mencionar nesse trabalho o Torpedo Francês de nova geração F21, desenvolvido pela empresa francesa Naval Group, um armamento pesado com objetivo de destruir navios de superfície e submarinos.

Acordo o exposto no site da Naval Technology, este torpedo foi criado para substituir o torpedo F17 mod2 e será equipado nos novos submarinos classe Scorpene da MB. Característica relevante é sua atuação tanto em águas profundas sem muitos ruídos, como áreas próximas às costas com elevado índice de ruído e tráfego de embarcações.

Sua composição envolve um sistema de orientação avançado, ogiva de destruição de 250 kg, equipado com um sistema de controle de fogo denominado. O armamento possui propulsão com uma bateria, o que permite alcançar velocidades elevadas de até 50 km/h e alcance acima de 50 km, além de atingir objetos a profundidades maiores.

O sistema de controle de fogo se chama MIGAL, e realiza uma conexão entre o torpedo e o centro de informações de combate. Contudo, podemos observar seu desempenho elevado, um torpedo moderno da última geração, capaz de engajar contra diversos tipos de alvos, na superfície, e em profundidades maiores, o que lhe permite um poder de destruição impactante.

2.3 Torpedo Mark – MK 48

O torpedo pesado MK 48 é uma arma utilizada por submarinos em missões de guerra anti-submarino e anti-superfície. Este torpedo acústico possui sofisticado sonar, sistemas de orientação e controle digitais, fusão digital e aprimoramentos de propulsão. O sistema de orientação digital permite atualizações contínuas por meio de software para enfrentar ameaças em constante evolução. O último modelo de produção, o MK 48 MOD 6, foi entregue em 1996, e desde então, a Marinha realizou melhorias discretas por meio de kits de atualização nos sistemas de orientação, controle e propulsão. O MK 48 MOD 6 alcançou a Capacidade Operacional Inicial (IOC) em 1997 e continua a receber atualizações de software. Sua versão mais recente é o MK 48 MOD 7. A atualização de hardware do MK 48 MOD 7 permitiu melhorias adicionais de software, proporcionando maior capacidade em cenários desafiadores.

Ele possui sua variante aprimorada Advanced Capability (ADCAP), cujo principal objetivo é destruir navios de alta performance e submarinos nucleares. De acordo com o exposto no site da Federation of American Scientists (FAS), O torpedo MK-48 é uma arma submarina pesada desenvolvida pelos Estados Unidos. Ademais, sua versão aprimorada ADCAP, possui melhorias no alcance de aquisição de alvos, redução da vulnerabilidade a contramedidas inimigas e maior eficácia contra navios de superfície. Pode ser lançado por

submarinos e é propulsado por um motor a pistão com hélices contrarrotativas. O torpedo possui um sofisticado sistema de orientação que permite diversos modos de ataque. A versão ADCAP foi introduzida em 1988 e tem passado por atualizações contínuas para melhorar seu desempenho em cenários desafiadores, como águas rasas. Vale ressaltar, que essa versão sofisticada é mais resistente a contramedidas.

Figura 2: Torpedo MK-48 em um museu de exposição



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/dryodora/5612728806/in/photostream/>

Com o intuito de realizar uma análise comparativa entre esses dois torpedos citados e suas características similares, expomos abaixo essa tabela ilustrativa com seus dados técnicos:

TORPEDO MARK MK-48	TORPEDO HEAVYWEIGHT F-21
Torpedo tipo pesado	Torpedo tipo pesado
Propulsão: Propelente líquido	Propulsão com bateria
Diâmetro: 0.53 metros	Diâmetro: 0.53 metros
Peso: 1.5 Ton	Peso: 1.5 Ton
Comprimento: 5.79 metros	Comprimento: 6 metros
Ogiva de 650 libras com alto poder de destruição	Ogiva de 250 kg com alto poder de destruição
Alcance: 1.600 jardas	Alcance: acima de 50 km
Velocidade: 40-55 nós	Velocidade: até 50 km/h
Profundidade de operação: mínima – 20	Profundidade de operação: 10 a 500 metros

jardas, máxima – 1.500 jardas	
-------------------------------	--

2.4 Métodos softkill e hardkill como medidas antitorpédicas

Os sistemas de contramedida torpédica são divididos em dois métodos: softkill, que consiste na utilização de despistadores acústicos e jammers, permitindo que a bateria do torpedo se esgote antes de atingir seu alvo, e hardkill, consiste em destruir a ameaça torpédica diretamente ou causar dano estrutural, de modo que sua mobilidade torne-se restrita, ou totalmente inutilizada. (PEREIRA, 2018)

De acordo com Romulo Pereira, em seu artigo publicado 2023 na revista Passadiço, os torpedos sempre proporcionaram uma ameaça significativa, e equipar os navios com medidas proporcionais que garantem à segurança deles é de vital importância. Mediante a isso, os avanços tecnológicos ocasionaram em projeções de torpedos modernos a capacidade de percorrerem distâncias de até 30 milhas náuticas com velocidades superiores a 50 nós, sem que as baterias se descarreguem, ou seja, houve um incremento no poder de autonomia desses torpedos modernos. Além disso, os sonares dispõem de transdutores com alto desempenho capazes de detectar e diferenciar iscas falsas da fonte emissora. Isso é proveniente de algoritmos avançados, e atrelado a isso, houve a necessidade dos navios de superfície equipassem seus meios com sistemas avançados de detecção de torpedos modernos, e esses estudos têm sido cada vez mais intensificados.

2.5 Sistema Shade

Em uma publicação pela Global Defense Corp em 2020, foi acordado em parceria entre Bharat Dynamics Limited (BDL) da Índia e a Rafael Advanced Defense Systems de Israel a implementação do sistema avançado de defesa antissubmarino SHADE, um sistema de defesa eficaz e moderno que utiliza uma combinação de iscas soft kill e hard kill na proteção contra engajamento por torpedos para a Marinha indiana. Dada a crescente ameaça de torpedos enfrentada pela Marinha Indiana, especialmente com a modernização das marinhas dos países vizinhos, a necessidade de defesa contra torpedos tornou essencial. O SHADE é um sistema de defesa contra torpedos projetado para proteger submarinos e navios de todos os tipos de ameaças desse armamento.

Essa parceria foi factível mediante a vasta experiência da “Rafael” em defesa contra torpedos, que já utilizava as contramedidas Scutter em submarinos, e sua versão em navios da superfície chamada Lescut, além da Torbuster em submarinos.

A empresa destaca que “SHADE” é o primeiro sistema do mundo que utiliza os dois tipos de iscas combinadas proporcionando um ataque eficaz e moderno contra os torpedos modernos. Abordaremos adiante sobre os dois tipos de Iscas que são utilizadas pelo sistema: Scutter ou Lescut, e Torbuster. Aquele, com o objetivo de seduzir o torpedo e dissipar sua energia, age como medida soft kill, por outro lado, este é uma medida que se assemelha a um mini torpedo com objetivo de ir ao contato do torpedo inimigo e destruí-lo, sendo considerado uma medida hard kill.

2.5.1 Lescut

Considerada uma contramedida reativa inteligente de terceira geração, cuja sua finalidade é detectar a ameaça, e escolher a melhor maneira de neutralizá-la. Sua composição é baseada em um hardware e um software de programação, não sendo necessário nenhuma entrada manual no sistema. Dessa forma, seu princípio de funcionamento consiste em não perder tempo em tomadas de decisões e análises, executando tudo de maneira automatizada, e evitar os erros por parte do operador. Evidentemente, a importância do fator humano na guerra é incontestável, mas ao analisarmos os fatores externos e psicológicos que uma guerra pode causar, não podemos descartar que um equipamento pré-programado para a melhor tomada de decisão em um curto espaço de tempo é, não apenas necessário, mas fundamental.

Ademais, o tempo de engajamento de um torpedo é rápido, e uma projeção de resposta rápido a vários ataques é inegável no resultado, sem considerar o fato de que torpedos modernos de últimas gerações, silenciosos e leves têm sido cada vez mais requeridos pelas potências mundiais, nos remetendo a necessidade de as forças navais obterem equipamentos capazes de proverem defesas proporcionais, elevando o poder de dissuasão. A partir do momento em que a isca é lançada ela fica suspensa em sua profundidade de operação, analisa o torpedo, e busca em sua memória de bibliotecas o melhor meio de neutralizar a ameaça, os torpedos são confundidos pela geração de energia da Lescut, e são atraídos, após 10 minutos, ela se autodestrói e afunda.

2.5.2 Torbuster

Uma contramedida operacional hard-kill de quarta geração, que se baseia em um lançador externo, e uma combinação de iscas soft-kill e hard-kill, apresenta eficácia contra todos os tipos de torpedos de emissão acústica.

Esse sistema consiste em vários aspectos positivos em seu uso operativo, dentre os quais: Resposta automatizada a qualquer ameaça em tempo real, reduzindo a intervenção

humana, que é influenciada por diversos fatores emocionais e pode ter reações inesperadas diante de pressão externa, isso de certa forma aumenta a probabilidade de sobrevivência.

Sua composição é composta por três componentes, um software de programação com a função de analisar e selecionar automaticamente a melhor contramedida diante da ameaça exposta no cenário. Para tal fim, o sistema pode armazenar até 32 lançadores capazes de lançarem 32 iscas, essas oferecem os dois tipos de contramedida, tanto soft-kill quanto hard-kill. Além disso, é oferecido um tipo de simulador chamado “Scutter Exercise”, visando testar a veracidade do efeito das respostas em oposição a ameaças simuladas. Vale ressaltar que o SHADE opera em modo de treinamento, realizando a análise de dados, repassando para o sistema de combate a contramedida mais eficaz, porém não há lançamento de nenhuma isca.

Seu modo de funcionamento operativo consiste em uma interface junto ao sistema de combate do navio ou submarino, que por meio do equipamento sonar é detectada ameaça por torpedos, sendo repassado a informação ao sistema SHADE que fornecerá a análise e a escolha do melhor meio de neutralização. Esse sistema, com base em programas previamente estabelecidos, executa a melhor resposta diante da ameaça, podendo emitir iscas de neutralização e destruição, e até oferecendo sugestões de manobras evasivas para que o sistema de combate repasse a manobra do meio.

2.5.3 Modos de combate de operação do sistema Shade

De acordo com o modo de operação, ele pode ser selecionado em 4 tipos:

Totalmente-Automático: Não necessita do subsídio humano para que possa ser selecionado e utilizado, o que não exclui a possibilidade de operadores em sua observação.

Semi-Automático: Realiza todas as análises e sugere a melhor tática de defesa, dependendo da aprovação humana para sua conclusão. Dessa forma, há a intervenção humana na tomada de decisão, que requer vários parâmetros associados, como custos. Vale ressaltar que toda a responsabilidade é repassada ao operador.

Local: O operador realiza todas as análises e insere os comandos no sistema, e escolhe a melhor tática. Esse modo é o oposto do totalmente-automático.

Manual: O operador escolhe a melhor tática defensiva diante dos dados recebido da ameaça, escolhendo a contramedida que seja considerada mais eficaz.

2.6 Sistema avançado de detecção anti-torpedo Terma C-Guard

De acordo com a publicação de Alexandre Galante em 2021, o projeto da implementação das novas Fragatas classe Tamandaré visa em um de seus componentes do

sistema de armamento a aquisição e instalação do sistema ATDS Terma C-Guard. Visando uma maior preparação de emprego naval em Guerra A/S, a Marinha incluiu no seu projeto de construção dos 4 navios da Classe Tamandaré, a serem prontificados entre 2025-2029 esse sistema. Em suma, ele é composto de uma cobertura de 360° capaz de detectar mísseis de pequeno alcance, mísseis buscadores de imagens infravermelhas, e torpedos avançados da próxima geração. Para tal, técnicas avançadas são necessárias, devido a capacidade de detectar com precisão e rapidez o disparo de uma ameaça, isso não só utiliza uma tecnologia avançada de isca, mas adestramento dos operadores.

Figura 3: Uma imagem do sistema C-Guard na Royal Danish Navy (Marinha Dinamarquesa)



Fonte: [https:// www.terma.com/products/maritime/c-guard/](https://www.terma.com/products/maritime/c-guard/)

2.6.1 Vantagens do sistema Terma C-Guard

O C-Guard possui como vantagem a sua multifuncionalidade, podendo ser empregadas contra ameaças abaixo e acima da água simultaneamente. Nesse contexto, ela opera em modo Manual, Semiautomático ou automático, esse avalia e executa a contramedida mais eficaz para a ocasião, obtendo um poder de decisão, garantindo uma maior rapidez no engajamento, servindo de subsídio na operação. Além disso, seu sucesso de emprego já foi comprovado em missões de diversos navios, desde patrulha até fragatas. Não podemos esquecer de mencionar sua vantagem econômica, ocupando um espaço reduzido se

comparássemos com a implementação de dois sistemas, um antimíssil e outro contra torpedo. Seu suporte foi facilitado pelo tamanho reduzido do lançador mecânico, e o alto tempo médio entre falhas (MTBF), o que permite um menor índice de defeitos após sua instalação, um tempo de revisão e reparo maior, reduzindo gastos.

Dessa forma, o C-Guard compõe iscas da última geração contra as ameaças por torpedos, podendo oferecer proteção contra os torpedos mais modernos e silenciosos, que têm dificultado a defesa dos submarinos.

Por ser um sistema inovador no país, sua instalação e utilização constará de tecnologia externa, assim como a manutenção daquele. Dessa forma, no seu planejamento deverá constar medidas para assegurar essa manutenção, incluindo os custos necessários, e o fornecimento de materiais e peças danificadas. Similarmente a todo equipamento, há o desgaste por tempo e exposição a temperaturas altas. Dessa forma, deve-se pensar nesses fatores essenciais ao poder de fogo, além do treinamento com adestradores que já evidenciaram sua eficácia.

2.7 Sistema avançado de detecção HIZIR

O sistema de contramedidas torpédicas HIZIR, conforme mencionado em um artigo publicado pela revista *Passadiço* no ano corrente pelo Romulo Pereira, incorpora algoritmos avançados de detecção e classificação. Ele propõe automaticamente a tática mais apropriada com a finalidade de permitir a fuga segura do navio contra ameaças de torpedos, considerando parâmetros como a rota de fuga e o tempo de queda dos despistadores na água.

Os torpedos continuam sendo uma ameaça letal para os navios de superfície devido aos avanços tecnológicos que aumentaram a capacidade de alcance, velocidade e persistência. Além disso, o desenvolvimento em tecnologias de materiais e eletrônica permitiu aprimoramentos nos torpedos, incluindo algoritmos sofisticados para contramedidas. A evolução da tecnologia, como a fibra óptica, possibilitou o controle remoto de torpedos, tornando-os armas mais perigosas.

O HIZIR é um sistema softkill avançado equipado com tecnologia de detecção altamente eficaz. Ele pode detectar torpedos em longas distâncias, permitindo ao navio tempo suficiente para reagir. Após detectar um torpedo, o HIZIR recomenda táticas apropriadas para neutralizar a ameaça, incluindo manobras evasivas e o tempo de lançamento dos despistadores. Além disso, o HIZIR pode operar integrado aos sonares dos navios e outros sistemas de controle.

Em resumo, o HIZIR representa uma solução sofisticada de contramedidas torpédicas, usando tecnologia avançada para detectar e propor ações eficazes contra torpedos, contribuindo para a segurança das embarcações

2.8 Sistema avançado de detecção CONTRALTO-S para submarinos

Desenvolvido pela Naval Group, podendo ser integrado em qualquer tipo de submarino, ou plataformas, e utiliza algoritmos avançados para sua finalidade. Após detectada a ameaça, ele utiliza uma rede de nuvens falsas para distrair e seduzir o torpedo, e de maneira simultânea ele sugere manobras evasivas para o meio.

De acordo com seu modo de operação, ele é considerado um método softkill, realiza o lançamento de alvos virtuais, perturbando a análise do torpedo, ou atrasando-o, dessa forma esgotando sua energia. Sendo assim, seu efeito propõe uma saturação do torpedo.

O sistema é composto por uma Unidade de Processamento de Reação (RPU), que leva em consideração as capacidades operativas do submarino, como velocidade, propulsão, profundidade de operação, e com esses dados gravados, oferece a melhor manobra evasiva na situação de perigo. Esta, é integrada ao sistema de combate, repassando essas informações. De acordo com o suboficial Rodrigo da Silva Lima em sua publicação na revista “O periscópio” em 2019, o sistema oferece uma probabilidade de escape de 95% contra torpedos detectados a 3.000 metros de distância. Seu modo de operação se divide em automático, manual, ou semi-automático.

O sistema propõe lançadores de até 3 tubos, sendo sua instalação facilitada e segura, seu emprego combina processamento complexo de sinais cobrindo toda faixa de frequência de operação dos torpedos nos modos ativo e passivo, além de oferecer uma área de cobertura atua em 360°.

Contudo, sua capacidade de processamento avançado propõe contramedidas eficazes contra torpedos modernos das últimas e anteriores gerações. Em suma, observamos o destaque do desenvolvimento dos torpedos modernos nesse trabalho, e toda a preocupação na composição de sistemas que combatem na mesma proporção, pois, estes têm se tornado cada vez mais silenciosos, velozes e com maior autonomia, com uma capacidade de detectar contramedidas das gerações anteriores.

Com o intuito de demonstrar uma análise superficial dos tipos de sistemas avançados de detecção demonstrados, expomos a seguir uma tabela ilustrativa com seus principais parâmetros operacionais e técnicos:

SHADE	TERMA C-GUARD	HIZIR	CONTRALTO-S
Utilização de iscas soft kill e hard kill	Sistema de contramedidas softkill	Sistema de contramedidas Softkill	Sistema de contramedidas Softkill
Resposta rápida e automatizada diante da ameaça	Contramedidas contra mísseis e torpedo	Detecta torpedos a longas distâncias permitindo tempo de reação	Utiliza rede de nuvens falsas para despistamento
Opera em modo manual, semi-automático, automático	Sugere manobras evasivas	Sugere a melhor tática para despistamento do torpedo	Fornecer cobertura de 360°
Integração com o sistema de combate	Integração com o sistema de combate	Dois lançadores com 8 dispositivos em cada bordo	Opera em distâncias de até 3.000 metros
Algoritmos avançados para análise das ameaças	Suporte para 12 a 48 tubos	Algoritmos capazes de detectar torpedos modernos	Opera em modo manual, automático ou semi-automático
Inovação tecnológica no mercado	Tecnologia comprovada com mais de 150 equipamentos por todo o mundo	Utilizado e comprovado em navios de superfície	Utilizado em submarinos e plataformas

2.9 Comparação dos sistemas avançados de detecção em relação aos decoys antigos

Mediante ao conteúdo exposto, e com o intuito de realizar uma comparação com os novos sistemas de detecção, vamos compará-los a dois tipos de decoys antigos de

despistamento, o NA/SLQ-25 Nixie, e o Prairie Masker, que já foi utilizado na MB nos antigos contratorpedeiros classe Pará, de acordo com o exposto em publicação do Poder Naval. O Prairie Masker gera bolhas de ar no casco e nas lâminas dos hélices para abafar o ruído das máquinas e reduzir o ruído de cavitação gerado pelos hélices. Ademais, o Nixie é um despistador de torpedos rebocados geralmente utilizados em navios da US Navy, sendo composto por um chamariz que emite sinais com o intuito de seduzir o torpedo, ou confundilo, e um cabo de reboque ligado ao navio.

Esses decoys são eficazes contra torpedos antigos como o MK-46, que foram projetados sem levar em consideração os novos métodos de contramedidas. Sendo assim, um torpedo moderno já é caracterizado com poder de discriminação desses sinais emitidos pelo chamariz, o que torna o método ineficaz. Os sistemas avançados de detecção foram desenvolvidos com o objetivo de combater esses torpedos, com algoritmos mais avançados de detecção integrados.

3 EMPREGO DOS SONARES

“... Se você parar o seu navio, colocar a extremidade de um longo tubo na água e a outro no seu ouvido, ouvirá navios a uma grande distância...” (DA VINCI; LEONARDO, 1490)

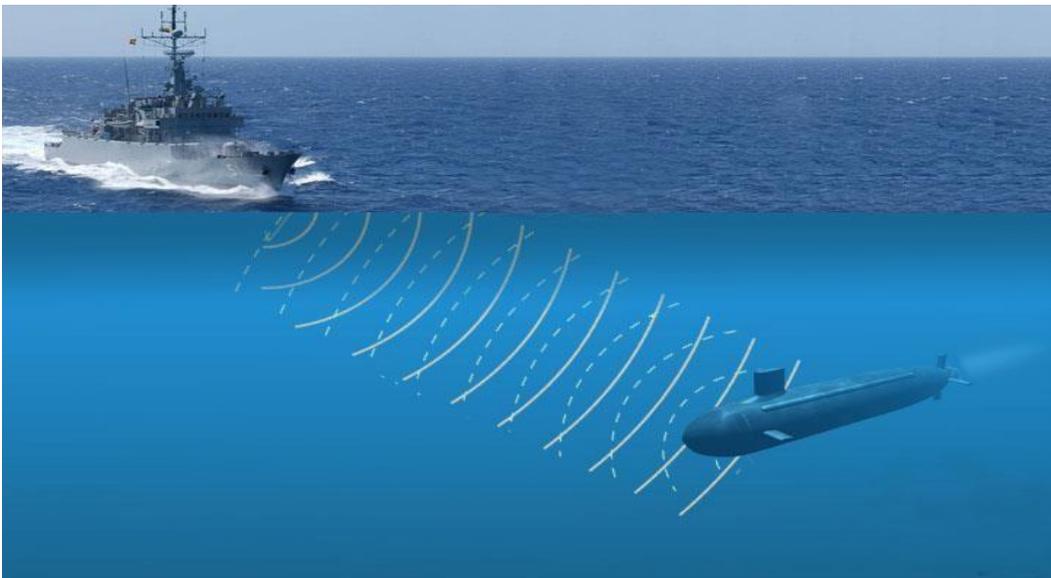
Diante do exposto, (DA VINCI; LEONARDO, 1490) já desvendava uma teoria importante em relação a característica da onda sonora no mar, que sua atenuação ocorre a grandes distâncias, podendo um alvo ser detectado utilizando equipamentos de identificação por meio de onda em baixo d'água, essa teoria podemos dizer que foi de auxílio para revolucionar o mundo. Todavia, nas guerras A/S os principais meios de que dispõe os Navios se utilizam de técnicas com onda sonora no meio marítimo.

Alguns anos posteriores, mais precisamente em 1906, o Oficial do Exército Americano (NIXON; LEWIS, 1906) criou um sonar, como forma de detectar Icebergs. Esse equipamento de emprego utilizado por vários Navios e Submarinos da Marinha utiliza o princípio de propagação da onda sonora na água para detectar alvos. De fato, é notório ressaltar que

existem dois sonares, passivo, e ativo, o primeiro apenas detecta possíveis alvos na recepção de um som emitido, ou seja, sua principal característica é não precisar emitir nenhum sinal para detecção, apenas converter uma onda mecânica. Entretanto, o sonar ativo busca emitir um som proveniente de sinal elétrico, que após ir de encontro a um alvo reflete e retorna para o meio, que o detecta.

Não obstante, os sonares são dotados de um transdutor, equipamento responsável por converter sinal mecânico em elétrico ou o inverso, para tal fim, utilizam materiais piezoelétricos em sua composição. Face ao exposto, podemos observar na figura 4 uma ilustração simplificada da atuação de um sonar:

Figura 4: Atuação do sonar em um navio de superfície.



Fonte: Poder Naval (2017)

A energia sonora inserida em meio líquido pode percorrer por uma distância de milhares de metros com razoável resolução mediante aos avanços tecnológicos do sistema. Diante disso, foi constatado que era necessário um estudo aprofundado para detecção e compilação de alvos através dessa energia sonora, sendo mais eficiente em relação à eletromagnética por exemplo, que se atenua rapidamente em meio líquido e tem uma baixa velocidade de transmissão, e o sonar utiliza esse princípio de funcionamento, através da detecção do sinal pela parte conhecida como “molhada” por atuar inserida abaixo da superfície d’água, uma vez detectado, esse sinal passará por várias análises nos algoritmos de programação dos software em seus sistemas, na parte “seca”, pelo motivo similar ao outro.

O sinal sonoro, ao penetrar na superfície d'água sofre perdas que atenuam seu sinal ou interferem na intensidade, são as perdas por absorção, mediante ao calor absorvido pelos materiais, reverberação de volume, quando o sinal se depara com objetos flutuando na água, reflexão no fundo e na superfície, que ocasionam na reflexão do sinal nesses dois obstáculos.

Por fim, antes de iniciarmos nossos estudos baseados na análise dos empregos dos torpedos e as contramedidas para neutralizá-los, explicitaremos os sonares, suas características e suas funcionalidades. Como mencionado, Leonardo da Vinci teria descoberto uma característica de transmissão da onda sonora no mar, que seria a recepção de sinais provenientes de longas distâncias, este executou o primeiro registro de um sonar, colocando a extremidade de um tubo na água e o ouvido no outro. A palavra Sonar tem origem do inglês “**SO**und **NA**avigation and **R**anging”, que significa “Navegação e Determinação da Distância pelo Som”. Ou seja, o Sonar é um equipamento de auxílio a Navegação que emite e recebe ondas por debaixo da camada da superfície da água, ele pode ser passivo ou ativo. Há vários tipos de sonares com múltiplos funcionamentos, como o Sonar de casco, utilizado em alguns navios de superfície da MB, sonar rebocado, que compõe um conjunto de hidrofones em forma de um arranjo linear, essa configuração permite detectar sinais em uma banda de frequência, sonar de interceptação, um tipo de sonar ativo voltado para os sinais de frequências mais altas, esse equipamento é importante na busca e detecção de torpedos inimigos. Não obstante, também há os tipos de sonares que são integrados aos navios ou aeronaves por meio de cabos, e as sonobóias, sonares lançados por aeronaves, seu método de funcionamento consiste na forma passiva. Adiante, apontaremos algumas características e uma sucinta explicação acerca de alguns tipos de sonares utilizados pela MB.

Talvez o tipo de sonar mais básico, seja o Sonar de Casco, os primeiros tipos de sonares instalados nos navios, seus transdutores são fixados no casco do navio, não podendo alterar sua profundidade de operação, podendo atuar em modo passivo ou ativo. Entretanto, há bastantes limitações nesse tipo de sonar, mediante a proximidade do navio, acaba sofrendo interceptações na intensidade do seu sinal devido ao ruído de cavitação das pás das hélices dele, por isso a sugestão e o estudo de implementar cada vez mais a utilização dos sonares de arranjo rebocado ou um VDS (Sonar de Profundidade Variável).

O VDS (Sonar de Profundidade Variável) é similar a um sonar de casco, porém sua flexibilidade de profundidade permite uma operação mais vantajada, pelo fato de fornecer uma melhor cobertura no setor de popa do navio, sofrendo uma interferência menor do ruído de cavitação, sua principal vantagem é o sinal detectado em profundidades maiores de busca. Não obstante, sua desvantagem é evidenciada em comprometer a manobrabilidade do navio,

devido ao cabo de integração entre o equipamento e o navio, não permitindo manobras ou alterações bruscas de velocidade.

O Sonar rebocado é um sistema de sonar passivo constituído por um arranjo linear de hidrofones, sendo arrastados por um cabo de conexão com o navio ou submarino, possuem a vantagem da redução do ruído de cavitação propiciado pelos hélices, e seu funcionamento consiste em um sinal de saída resultante dos sinais recebidos pelos transdutores dos hidrofones, em um cálculo de atraso e soma angular dos sinais (Sum and Delay), fornecendo uma maior probabilidade de detecção em uma varredura de 360°. Entretanto, sua desvantagem também é em relação a manobrabilidade do navio, evitando o rompimento do cabo de conexão e sustentamento dos hidrofones.

As sonobóias são tipos de sonares lançados por unidades aéreas, podem ser ativas ou passivos de acordo com seu modo de operação, são descartáveis, e são compostas por uma linha de comunicação com a aeronave (ANV), após seu lançamento, e encontro a superfície d'água, é acionado um flutuador permitindo que a sonobóia permaneça na superfície, enquanto os hidrofones descem até uma profundidade pré-estabelecida. Vale ressaltar, que este tipo de sonar subsidia a ANV em uma guerra A/S.

O funcionamento do sonar é similar ao do radar, o que os distingue é pelo fato daquele utilizar pulsos sonoros enquanto este utiliza ondas de rádio. O fato de o radar não detectar contatos abaixo da superfície d'água tornou-se necessário a criação de um equipamento para essa funcionalidade. Tendo em vista a atenuação sofrida pelas ondas eletromagnéticas em baixa d'água, foi verificado um sistema que utilizava ondas sonoras para tal finalidade, que se tornaria posteriormente precursor dos avanços nos estudos da guerra antissubmarino.

Não obstante, seu princípio de funcionamento, apesar da complexidade do sistema, teoricamente é simples, consiste na emissão ou não (ativo ou passivo) de ondas sonoras, que ao se defrontarem com objetos que se encontram na água, refletem seus ecos, a posição é determinada pela própria fórmula da velocidade do som multiplicado pelo tempo, utilizando o dobro do caminho percorrido na emissão, considerando que a onda se propaga e retorna à fonte emissora percorrendo a mesma distância. O que dificulta a sua atuação, são os diversos parâmetros de interceptação da água, como temperatura, eventos climáticos indesejáveis, fluxo de embarcações no entorno, fauna marinha, e obstáculos indesejáveis para a propagação da onda que causa reverberação, tanto de superfície, quando as ondas sonoras atingem a superfície d'água e refletem, quanto a de volume, consistindo na reflexão causada pelos objetos flutuando formando ecos falsos, e ainda há a presença de reverberação de fundo, sendo influenciada pela operação em águas rasas, quando as ondas refletem no fundo. Mediante a

isso, essas reflexões interferem na intensidade do sinal retornado pelos sonares ativos. Dessa maneira, foi exposto seu princípio de funcionamento de forma ideal, porém sabemos que o mar é sofre influência de diversos fatores, ambientais, climáticos. Então, a resolução do sinal adquirido no sonar fica sujeita a essas influências, e isso é objeto de vários estudos na tentativa de minimizar os efeitos na aquisição do sinal. Ademais, a velocidade do som na água é influenciada por diversos parâmetros, em que C indica a velocidade, T temperatura, S salinidade e Z a pressão hidroacústica, sendo a temperatura o fator de maior preponderância no meio, de acordo com a seguinte equação:

$$C = 1449.2 + 4.6 T - 0.055 T^2 + 0.00029 T^3 + (1.34 - 0.010 T)(S - 35) + 0.016Z.$$

Eq. (1)

Evidentemente, o Sonar admite captar não só embarcações submarinas, que é o seu propósito para o uso militar, mas também cardumes, fundo do mar, obstáculos, pedras, pontas de Icebergs. Portanto, podemos usá-los de múltiplas formas de acordo com o seu propósito. Conforme sua utilização, ele é dividido em sonar ativo e sonar passivo.

Face ao exposto, o sonar ativo detecta alvos mediante a uma emissão de onda sonora que vai refletir em algo gerando um eco de volta ao mesmo, esse eco será transformado como vimos anteriormente, de um sinal mecânico em elétrico utilizando seu transdutor com materiais piezoelétricos. De maneira análoga, o sonar passivo não emite ondas sonoras, ele apenas recepciona as mesmas provenientes de alguma fonte emissora, sua desvantagem em relação à anterior, evidentemente, está na possível ocultação da ameaça, evitando emitir sons para ser detectado. Isso explica o fato de os submarinos preferirem o modo de operação de sonar passivo para detecção de alvo, prevalecendo sua ocultação no meio diante de ameaças.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho proposto foi desenvolvida no método de revisão bibliográfica. Em suma, foram utilizadas como referências diversas publicações e artigos acadêmicos relacionados ao tema, assim como trabalhos, livros e apostilas de interesse. Contudo, sabemos o quão sigiloso é o tema relacionado, pois aborda técnicas

empregadas em guerra antissubmarino, e visando sintetizar e fornecer uma visão amplificada e atualizada do assunto, fizemos uma análise comparativo em diversos sistemas como será mencionado adiante. Também foi utilizado como referências conteúdos expostos em sala de aula, slides do Centro de Guerra Acústica e Eletrônica (CGAEM) da MB.

No trabalho apresentado, inicia-se uma introdução teórica relacionada à evolução da guerra e as mudanças de contexto nas partes operacional e estratégica na mesma. No segundo capítulo, foi apresentado um referencial teórico, contendo algumas citações e referências de autores, artigos relacionados a todo conteúdo do trabalho, foi abordado e sintetizado alguns sistemas e torpedos modernos utilizados atualmente, seus modos de funcionamento, entre outros. Depois, foi conduzido uma explicação sucinta e importante acerca do Sonar, principal equipamento de defesa utilizado em uma guerra antissubmarino. Adiante, os métodos de pesquisa e procedimentos de avaliação e compilação de dados do trabalho.

Nos últimos capítulos, foi realizada uma análise comparativa abordada no tema, a respeito dos principais sistemas de detecção avançados explicados no conteúdo, uma conclusão a respeito da importância na busca pela aquisição e desenvolvimento dos mesmos, e uma sugestão de trabalhos futuros nesse contexto.

4.1 Classificação da Pesquisa

Visando nosso objetivo, foram realizadas diversas pesquisas qualitativas com referências bibliográficas acerca de sistemas avançados utilizados em outras marinhas, projeto de implementação do sistema C-Guard de detecção de torpedos nas novas Fragatas classe Tamandaré. Mediante a isso, foram consultados artigos, trabalhos e links a respeito do tema. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para um maior entendimento do tema, classificando diversos sistemas que utilizam medidas soft kill em navios de superfície, e sistemas que oferecem medidas soft kill e hard kill combinadas, de forma automatizada para ser escolhido o melhor meio de contramedida. Buscamos alguns parâmetros técnicos, modos de emprego e funcionamento, medidas restritivas, e vantagens desses sistemas.

4.2 Limitações do Método

Devida a sensibilidade do tema, e suas características nocivas, é necessário um banco de dados adequado para identificar os sinais torpédicos. Não obstante, o que conseguimos é comparar e observar fatores em comuns, o que não garante um método

assertivo sem porcentagem de erro, entretanto, o que buscamos é sempre minimizá-lo, e quanto maior o banco de dados no sistema, maior a possibilidade de acerto com os algoritmos. Sendo assim, é importante uma pesquisa de campo para identificar torpedos que não estejam inseridos no banco de dados da MB, nossa pesquisa se restringe a parâmetros básicos fornecidos em artigos, trabalhos acadêmicos e links de empresas tecnológicas.

4.3 Aquisição e análise das informações

Objetivando a análise comparativa proposta, coletamos dados técnicos a respeito do funcionamento de alguns sistemas avançados, que foram discriminados na fundamentação teórica, dentre esses: Shade, Hizir, C-Guard e Contrato-S. Ademais, notamos algumas características similares dos mesmos, que serão apresentados no resultado do trabalho.

O princípio de análise das contramedidas se baseia no processo de detecção de um torpedo, que passa por uma série de procedimentos até a chegada da decisão final, e isso inclui diferenciar se o sinal adquirido no transdutor do sonar é um sinal de interesse ou um ruído. Essa classificação deve ser feita de maneira eficaz a fim de não descartar o sinal de interesse classificando-o erroneamente, o que resultará em uma possível destruição. Dessa forma, um dos principais desafios das técnicas de processamento de sinais modernas como a análise Demon e Lofar, seria a separação do sinal de interesse do ruído aleatório, por isso são utilizadas técnicas de análises em estreitamento da banda de frequência, aumento do número de arranjo nos hidrofones, dentre outras. Contudo, o objetivo em um sistema de detecção de torpedos visa melhorar a relação sinal ruído (SNR) utilizando esses filtros de frequência, amplitude, espaço temporal. Sendo assim, estabelece-se um critério de tomada de decisão baseado em um limiar de detecção, este separa o que é sinal do que é ruído. Devido a isso, o limiar utiliza parâmetros de acordo com o objetivo da missão, e o desafio seria propor um limiar de detecção que não deixasse margem para a perda do sinal do torpedo, e isso não é tão simples, uma vez que o limiar de detecção relaciona a probabilidade de detecção em função da probabilidade de falso-alarme, e um limiar baixo poderia ocasionar em diversos falso-almarmes, o que seria custoso para os navios utilizarem métodos de despistamento quando alarmasse. Entretanto, mais custoso seria a não captação do ruído do torpedo, ocasionando na perda do navio e na possível morte de muitos, senão todos os membros da tripulação.

O critério de decisão é baseado em um banco de dados do que se entende por sinal e por ruído.

Ademais, foram expostos no trabalho vários tipos de despistadores, desde os mais usuais, até os mais avançados, e suas técnicas de neutralização, e ou destruição, além de suas ferramentas empregados e os modos de operação, suas limitações, vantagem e desvantagem. Em suma foi feito um resumo detalhado das características destes. Também expomos como referência dois tipos de torpedos modernos, o MK-48 e o F21, e conseguimos extrair como conclusão seus empregos, capacidade de destruição, seus softwares interligados desenvolvidos, passando e recebendo informações dos centros de informação e combate dos meios, proporcionando respostas rápidas e automatizadas, seus alcances elevados, baterias em sua composição.

5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Comparando os resultados obtidos, notemos a implementação de algoritmos avançados de detecção e classificação dos sinais em todos os sistemas, bem como a necessidade de recursos tecnológicos avançados para manutenção, revisão, operação deles. Não obstante, os sistemas apresentam modo de funcionamento automatizado, reduzindo a intervenção humana na tomada de decisão, utilizam banco de dados no processamento de dados. Esses sistemas foram criados e desenvolvidos por empresas oriundas de recursos tecnológicos avançados, como a Naval Group.

Nesse contexto, uma característica importante é a integração desses sistemas com os de combate, proporcionando uma resposta rápida detectada pelo sonar, sendo classificada a ameaça torpédica, e oferecendo a melhor escolha de contramedida para neutralização do armamento.

Todos os sistemas objetivam o combate aos torpedos modernos cada vez mais silenciosos, proporcionando, sonares capazes de detectar uma banda larga de frequência, incluindo as menores frequências emitidas por esses torpedos, oferecendo uma cobertura de 360 graus, o que permite o elevado índice de detecção independente do rumo de navegação e uma maior assertividade.

Foi demonstrado uma análise do torpedo moderno MARK-48, suas capacidades operacionais que necessitam de um sistema avançado como contramedida, oferecendo resistência, além do fato, de haver um estudo recorrente para modernizar cada vez mais o armamento, isso nos remete ainda mais a importância de nos atermos a aquisição de sistemas avançados de detecção. Além disso, poderemos destacar a capacidade desses torpedos de

extraírem informações dos alvos falsos e distinguirem dos ecos gerados pelo navio, limita o navio a necessidade dos sistemas avançados em seus equipamentos e sensores.

6 CONCLUSÃO

A proteção contra torpedos representa uma prioridade significativa para as marinhas ao redor do mundo. As contramedidas soft kill e hard kill são elementos fundamentais na estratégia de defesa de navios de superfície. A evolução contínua dessas contramedidas é crucial para enfrentar os avanços constantes na tecnologia de torpedos e garantir a eficácia na proteção dos navios e de seus tripulantes. A integração eficaz e a coordenação entre essas contramedidas são essenciais para manter a vantagem defensiva e garantir a segurança no ambiente naval. Sabemos todo nível estratégico complexo que envolve o lançamento de torpedos modernos, suas capacidades de detecção em seus softwares integrados, seu alcance e poder destruidor.

Dessa forma, torna-se necessário os esforços juntos aos órgãos de interesse a aquisição dos sistemas avançados de detecção anti-torpedos, não apenas visando o incremento no poder dissuasivo do navio, mas também suplementando nossos meios principalmente no que tange a defesa, tanto do pessoal, quanto material. É notória os desafios tendenciosos devido aos avanços tecnológicos, e toda preparação e qualificação na aquisição de sistemas inovadores e avançados de detecção é tangível.

Sendo assim, uma guerra tem seu início nos esforços de aquisição de equipamentos avançados, na preparação e capacitação do seu pessoal, no emprego de simuladores e exercícios, na capacidade de manutenção dos meios, aumentando seu tempo de vida útil e mantendo-o operante por mais tempo. Compreende-se por nossa vasta extensão territorial marítima, a necessidade de antevermos a conflitos, aumentando nosso poder militar e estratégico, desenvolvendo sensores e armamentos, a fim de acompanharmos todo desenvolvimento bélico e naval que tem sido observado nos países desenvolvidos, como Alemanha, Japão, China, Estados Unidos.

6.1 Sugestões para Futuros Trabalhos

Visando a alta complexidade que envolve os métodos de despistamento e as contramedidas antitorpédicas, e o crescente desenvolvimento de torpedos, seria viável um estudo e análise de implementação desses sistemas nos meios de superfície, o estudo do projeto, seus custos de aquisição, manutenção, operação, tempo de vida útil, custo de descarte.

Evidentemente, isso envolve uma pesquisa exploratória complexa, pois as fontes são externas, incluindo orçamentos diante de empresas como a Naval Group, estudos técnicos, verificação se os navios da nossa Marinha comportam esses equipamentos, se pode haver uma adaptação, se as manutenções seriam viáveis, pois mesmo o melhor e mais desenvolvido dos sistemas, apresentam seus requisitos básicos de instalação ou utilização, requisitos estruturais, manutenção preventiva, entre outros. Dessa forma, em um mundo idealizado conseguimos propor esses métodos, todavia, sabemos que materializar isso de maneira prática envolve diversos parâmetros.

REFERÊNCIAS

How Israeli “SHADE” can protect Indian Navy from torpedo attack. Disponível em: <<https://www.theweek.in/news/sci-tech/2021/02/05/how-israeli-shade-will-protect-indian-navy-from-torpedo-attack.html>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

GALANTE, A. A evolução da guerra anti-submarino. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2009/09/01/a-evolucao-da-guerra-anti-submarino/>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

PEREIRA, R. DE O. Sistema HIZIR: Revista Passadiço, v. 31, n. 38, p. 22–22, 2018.

Guarding ships against the modern torpedo threat. Disponível em: <https://issuu.com/edrmag/docs/edr_65_-_web/s/17015006>. Acesso em: 10 jun. 2023.

Novel Torpedo Defence Countermeasure A Next-Gen Response to Evolving Torpedo Attacks. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/08/Torbuster-english.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2023.

Affordable 3 rd Generation Reactive Torpedo Decoy for Submarines Scutter Mk 3 TM 3rd Generation Reactive Torpedo Decoy. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/08/Scutter-Mk-3-2020.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

Subscut Submarine-Launched Expendable Torpedo Countermeasure. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/08/Subscut.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

Lescut Torpedo Countermeasure for Surface Ships. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/08/Lescut.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

GALANTE, A. **O leitor pergunta: como é a defesa contra torpedos e outras questões.** Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/11/29/o-leitor-pergunta-como-e-defesa-contratorpedos-e-outras-questoes/>>. Acesso em: 13 mai. 2023.

MK 48 - Heavyweight Torpedo. Disponível em: <<https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2167907/mk-48-heavyweight-torpedo/>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ARCHUS, D. Rafael and BDL to equip Indian subs with SHADE torpedo defense system - Naval Post- Naval News and Information. Disponível em: <<https://navalpost.com/rafael-and-bdl-to-equip-indian-subs-with-shade-torpedo-defense-system/>>. Acesso em: 02 set. 2023.

TERMA - Allies In Innovation. Disponível em: <<https://terravision-indonesia.com/SKWS.html>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GALANTE, A. **Fragatas “Classe Tamandaré” estão em fase avançada de configuração.** Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2021/06/10/fragatas-classe-tamandare-estao-em-fase-avancada-de-configuracao/>>. Acesso em: 04 jun. 2023.

MENDIA, A. **DECEPTIVOS ANTI-TORPEDO PARA SUBMARINOS.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://revistamarina.cl/revistas/2008/2/kaiser.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2023.

Modern Torpedoes and Countermeasures, Austin Joseph. “Bharat Rakshak Monitor”, Volumen 3 (4). Enero-Febrero, 2001.

“Torpedo Threat & Torpedo Defence – What are the Chances?”, Angela Sherman y Steve Howick, Naval Forces, No 5-2003.”

GEORGE, J. et al. **Towed Acoustic Countermeasures for Defending Acoustic Homing Torpedoes.** *Defence Science Journal*, v. 69, n. 6, p. 607–612, 16 dez. 2019.

BREEMER, J. S. **Anti-Submarine Warfare: a strategy primer**. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA199554.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

F21 Heavyweight Torpedo. Disponível em: <<https://www.naval-technology.com/projects/f21-heavyweight-torpedo/?cf-view&cf-closed>>. Acesso em: 19 set. 2023.

BREKHOVSKIKH, L. M.; LYSANOV, Y. P. **Fundamentals of Ocean Acoustics**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2013.

DOS, C. **Hidroacústica**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hidroac%C3%BAstica>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

A evolução do sonar. Disponível em: <<https://www.greelane.com/pt/humanidades/hist%C3%B3ria--cultura/the-history-of-sonar-1992436/#OS%20Inventores>>. Acesso em: 20 ago. 2023

MK 48 - Heavyweight Torpedo. Disponível em: <<https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2167907/mk-48-heavyweight-torpedo/>>. Acesso em: 05 jul.2023

Vista do Sistema contralto®-s o estado da arte de contramedidas torpédicas e seu conceito inovador de confusão/diluição. Disponível em: <<https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/periscopio/article/view/1400/1345>>. Acesso em: 20 set. 2023.

GALANTE, A. **A operação dos submarinos nucleares britânicos na Guerra das Malvinas/Falklands, em 1982**. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2021/05/22/a-operacao-dos-submarinos-nucleares-britanicos-na-guerra-das-malvinas-falklands-em-1982/>>. Acesso em: 08 mai. 2023

C-FLEX C-GUARD SOFTKILL SELF-PROTECTION. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.terma.com/media/cvcnlfv0/c-guard_flyer_oct2021.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2023.