



Revista de

Villegagnon

Ano XVIII Número 18 - 2023



Revista Acadêmica da Escola Naval

ISSN 1981-0342 | ISSN 1981-3589 (digital)







Caro Leitor,

Desde 2006, a Revista de Villegagnon se faz presente na vida acadêmica dos Sentinelas dos Mares.

Nessa longa singradura, a revista tem conseguido alcançar o seu nobre propósito, qual seja, incentivar a produção intelectual dos Corpos Docente e Discente da Escola Naval.

É, portanto, com enorme satisfação, que apresento a 18ª edição da nossa revista, contendo artigos que abordam temas diversos, capazes de ampliar os nossos horizontes de conhecimentos acadêmicos e profissionais.

Cumpre registrar que esta edição e as edições anteriores da Revista de Villegagnon podem ser encontradas, em meio eletrônico, no Portal de Periódicos da Marinha.

Assim, agradeço aos nossos patrocinadores e a todos que tornaram possível a presente edição.

Desejo boa e proveitosa leitura.



ADRIANO MARCELINO BATISTA
Contra-Almirante
Comandante



REVISTA DE VILLEGAGNON
ANO XVIII – NÚMERO 18 – 2023
ISSN 1981-0342
ISSN 1981-3589 (digital)

Revista de Villegagnon é uma publicação anual,
produzida e editada pela Escola Naval.

Comandante

C. Alte Adriano Marcelino Batista

Superintendente de Ensino

C. Alte (RM1) Paulo Cesar Mendes Biasoli

Editor

CMG (Ref) Pedro Gomes dos Santos Filho

Conselho Editorial

CC (IM) Marcello José Gomes Loureiro

1T (RM2-T) Juliana da Silva Neto

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Araujo Silva

Prof. Mario Cesar da Silva Fonseca

Revisão

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Araujo Silva

Prof. Mario Cesar da Silva Fonseca

Professor Victor Hugo Barbosa Ramalho

Diagramação e Arte final

Acará Estúdio Gráfico

www.acara.com.br

Impressão/acabamento

Laboratório de Idéias Comunicação Integrada

laboratório@laboratoriodeideias.com

Eliezer Geraldo +55 21 99312-1976

Sidivan Mendes +55 21 99285-1212

Contato

en-revvillegagnon@marinha.mil.br

Os artigos enviados estão sujeitos a cortes e modificações em sua forma, obedecendo a critérios de nosso estilo editorial. Também estão sujeitos às correções gramaticais, feitas pelos revisores da revista.

As informações e opiniões emitidas são de exclusiva responsabilidade de seus atores. Não exprimem, necessariamente, informações, opiniões ou pontos de vista oficiais da marinha do Brasil.

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



SUMÁRIO

- 4** **Radars de Baixa Probabilidade de Intercepção (LPI) e os desafios para os equipamentos de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE)**
Capitão de Mar e Guerra (RM1-EN) Jorge Amaral Alves
- 12** **Desempenho da manutenção de navios de guerra: oportunidades para auditoria operacional**
Capitão de Mar e Guerra (T) Henrique Mansur Anache
- 20** **A Panther, o Tartu e a Mobilidade**
Capitão de Mar e Guerra (Ref) Pedro Gomes dos Santos Filho
- 26** **Sistemas de armas das Fragatas Classe Tamandaré: um salto tecnológico e estratégico**
Aspirante Miguel Angelo de Santana Portella
- 39** **Desvendando a Etrúria**
Capitão de Mar e Guerra (Ref) William Carmo Cesar
- 45** **Ciência, tecnologia e inovação nas academias militares – desafios em um cenário de transformação global: breves considerações**
Capitão de Mar e Guerra (RM1-IM) Luís Odair Azevedo Gomes Raymundo
- 56** **O emprego do CIWS na Marinha do Brasil**
Aspirante Pedro Emanuel Carneiro Marinho da Rocha
- 66** **Armamentistas de escol – 2ª parte**
Capitão de Mar e Guerra (Ref) Pedro Gomes dos Santos Filho

- 72** A trigonometria esférica como solução para a navegação astronômica
Capitão de Fragata (RM1) Luiz Fernando da Silva Bezerra
- 75** Solução analítica de equações diferenciais por algoritmos evolucionários de inteligência artificial
Professor Waldir J. A. Lobão
Professor Marco A. C. Pacheco
- 81** Estudo de correlação entre composição corporal e testes de aptidão física em Aspirantes da Escola Naval da Marinha do Brasil que praticam a modalidade atletismo: velocistas, saltadores, fundistas e lançadores
1T (RM2-T) Marcelo Henrique Vinci Borges
- 88** Notícias de Villegagnon

*Nossa Capa:
Sentinelas dos Mares
prontos e guarnecidos
para o cerimonial*



RADARES DE BAIXA PROBABILIDADE DE INTERCEPTAÇÃO (LPI) E OS DESAFIOS PARA OS EQUIPAMENTOS DE MEDIDAS DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA (MAGE)

Capitão de Mar e Guerra (RM1-EN)

Jorge Amaral Alves¹

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica dos sistemas e sensores empregados nas guerras atuais torna imperativo o desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica de um país. Especificamente, o emprego de tecnologias inovadoras em sistemas modernos de Guerra Eletrônica (GE) radar resulta em ponto de inflexão nos resultados dos combates. Tais tecnologias inovadoras permitem o emprego mais eficaz da GE radar, uma vez que viabilizam, por exemplo, o emprego de técnicas modernas de Inteligência Eletrônica (ELINT – *Electronic Intelligence*) que são baseadas em algoritmos complexos de processamento digital de sinais, como, por exemplo, a Transformada de Fourier de Tempo Curto (STFT – *Short Time Fourier Transform*). Estas tecnologias inovadoras permitem a análise no domínio da frequência, em tempo real, dos sinais radar recebidos pelo equipamento de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE). A Figura 1 apresenta o equipamento MAGE Defensor desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), atualmente instalado na Cv Barroso, cujo projeto encontra-se sendo alterado a fim de dotar as futuras Fragatas Classe *Tamandaré* (FCT).

O surgimento de radares modernos que empregam Técnicas de Compressão de Pulsos (PCT – *Pulse Compression Technique*) ou que transmi-

tem em Onda Contínua Modulada em Frequência (FMCW – *Frequency Modulated Continuous Wave*) resultaram na quebra de um paradigma, ou seja, eliminaram a vantagem naturalmente existente no processo de detecção executado pelo MAGE em relação ao processo realizado pelo radar. Tais radares modernos são denominados radares de Baixa Probabilidade de Interceptação (LPI – *Low Probability of Interception*) [1]. As tecnologias empregadas nestes radares comprometem muito a eficácia dos processos de detecção e de identificação executados pelos equipamentos MAGE convencionais, ou seja, equipamentos desprovidos de *hardware* (HW) específico para análise intrapulso de sinais radar.

A existência de radares LPI instalados em meios navais ou mesmo em mísseis tornou imprescindível o desenvolvimento de equipamentos MAGE modernos, dotados, por exemplo, de Receptores Digitais (DRX – *Digital Receiver*) que possibilitam o emprego de algoritmos de ELINT adequados para a extração de características intrapulso de sinais radar [2].

A Figura 2 apresenta o Radar RAN-20S instalado nas Fragatas Classe *Niterói* (FCN), que emprega PCT.

Este artigo procura enfatizar as características necessárias a um equipamento MAGE de modo a permitir a detecção eficaz de sinais de radares modernos, também denominados radares de baixa probabilidade de interceptação (LPI – *Low Probability of Interception*).

¹ Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Mestre em Ciência da Computação pela Naval Postgraduate School (NPS).



Figura 1. MAGE Defensor instalado na Cv Barroso



Figura 2. Radar RAN-20S instalado na Fragata Defensora

CENÁRIO ATUAL: MÍSSEIS ANTINAVIO DOTADOS DE RADARES MODERNOS

A importância de um sistema ELINT moderno pode ser evidenciada, por exemplo, ao analisarmos o ocorrido em 26 de agosto de 2020 com o lançamento de mísseis balísticos de médio alcance chineses sobre o Mar do Sul da China [3]. O ex-oficial chinês Wang Xiangsui relatou o ocorrido como:

... vários dias depois [após as manobras do porta-aviões], lançamos o DF-21 e o DF-26,

e os mísseis atingiram um navio que navegava ao sul das Ilhas Paracel. Pouco depois disso, um adido militar americano em Genebra reclamou [para nós] e disse que as consequências seriam graves se os mísseis atingissem um porta-aviões americano [3].

Os mísseis DF-21 lançados são Mísseis Balísticos Antinavio (ASBM – *Anti-Ship Ballistic Missile*) que empregam radares LPI nos seus sistemas de guiagem terminal (*seekers*). Tais mísseis, operacionais desde 2010, são de difícil detecção por um MAGE desprovido de ELINT moderno por empregarem tecnologia LPI [4]. A existência de mísseis modernos semelhantes aos chineses DF-21 representa uma ameaça concreta aos meios navais e demanda o premente emprego de equipamentos MAGE equipados com ELINT modernos. A Figura 3 apresenta os mísseis chineses DF-21D que empregam tecnologia LPI.

Em última análise, os sistemas de defesa de um navio devem ter capacidade para se contrapor às ameaças advindas dos mísseis antinavio. Os mísseis foram introduzidos nos cenários de guerra a partir da 2ª Guerra Mundial, e desde então diversos países começaram a desenvolver mísseis mais potentes e dotados de novas tecnologias. Dentre os principais

mísseis antinavio dotados de *seekers* com radares LPI, atualmente em operação, destacam-se: o norte-americano *Harpoon*; o francês *Exocet* (Block3); e o chinês YJ-83 [6].

A Figura 4 apresenta o míssil antinavio *Harpoon* sendo lançado do navio inglês HMS *Montrose* [7].

A Figura 5 apresenta o míssil antinavio *Exocet* Block3 instalado no navio *Halasan* da Marinha da Indonésia [8].

A Figura 6 apresenta o míssil antinavio YJ-83 sendo lançado de um navio da Marinha da Tailândia [9].

Como consequência, de modo a prover uma reação eficaz a mísseis dotados de sistemas de guiagem baseados em radares LPI, faz-se necessário dotar os equipamentos MAGE de capacidade de extração de características intrapulso presentes nos sinais dos radares LPI, ou seja, dotar os equipamentos MAGE de um DRX e de algoritmos ELINT intrapulso baseados em análise no domínio da frequência e no domínio do tempo-frequência (STFT).

RADARES MODERNOS: RADARES DE BAIXA PROBABILIDADE DE INTERCEPTAÇÃO (LPI)

Radares LPI emitem sinais de difícil interceptação por um MAGE, ou seja, sinais tão fracos que os receptores dos MAGE não possuem sensibilidade para interceptá-los, ou seja, sinais que são capazes de “... *To see and not be seen*” [1].

Tais radares LPI transmitem sinais com potência de pico reduzida, porém mantendo a potência média transmitida no valor necessário para garantir o alcance máximo especificado. Um equipamento MAGE convencional distingue um alvo do ruído ambiente a partir do estabelecimento de um limiar de detecção (*threshold*), conforme ilustrado na Figura 7.

Na Figura 7a, nota-se que o sinal radar é detectado pelo MAGE, pois apresenta amplitude maior que o limiar de detecção do MAGE.

Entretanto, na Figura 7b, o sinal radar não é detectado, pois, além de sua amplitude ser menor que o limiar de detecção do MAGE, ainda está imerso em ruído.



Figura 3. Míssil balístico chinês DF-21D dotado de *seeker* com radar LPI [5]



Figura 4. Míssil *Harpoon* sendo lançado do navio inglês HMS *Montrose* [7]



Figura 5. Míssil *Exocet* (Block3) instalado no navio *Halasan* da Marinha da Indonésia [8]



Figura 6. Míssil YJ-83 sendo lançado de um navio da Marinha da Tailândia [9]

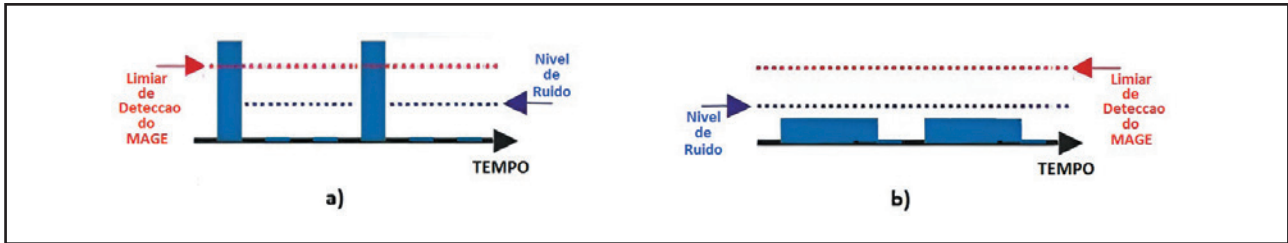


Figura 7. Limiar de Detecção de um receptor MAGE Convencional

Mesmo que o limiar de detecção do MAGE, na Figura 7b, fosse reduzido, ainda assim não seria possível a detecção do sinal radar devido ao nível de ruído existente. Esta limitação do MAGE somente é superada ao executar a análise no domínio da frequência e no domínio do tempo-frequência.

A redução da potência de pico dos sinais transmitidos pelos radares LPI pode ser obtida por meio das seguintes técnicas: Gerenciamento de Potência; Compressão de Pulsos (PCT); redução de lóbulos secundários; e aumento da largura de banda do sinal. Neste trabalho, optou-se por abordar a técnica PCT.

Compressão de Pulso empregando Modulação Digital Por Deslocamento de Fase (PSK):

A PCT por modulação de fase consiste em se transmitir um pulso longo com codificação digital por deslocamento de fase (PSK – *Phase Shift Key*) de modo que o eco recebido, após passar por um filtro de compressão na recepção, possa ser reconstruído como um pulso curto.

O objetivo da PCT é quebrar o paradigma existente entre a largura de pulso (associado ao poder de resolução em distância) e a potência média transmitida (associada ao alcance de detecção) de um radar.

Em um radar pulsado e sem modulação intrapulso, quanto mais estreito for o pulso, melhor será a resolução em distância. A Figura 8 ilustra este poder de separação em distância. Na Figura 8a, um pulso largo não é capaz de detectar as duas aeronaves que se aproximam na mesma marcação e próximas uma da outra; enquanto que na Figura 8b as duas aeronaves são detectadas ao se empregar um pulso estreito.

Em contrapartida, quanto mais largo for o pulso, maior será a potência média transmitida e, conse-

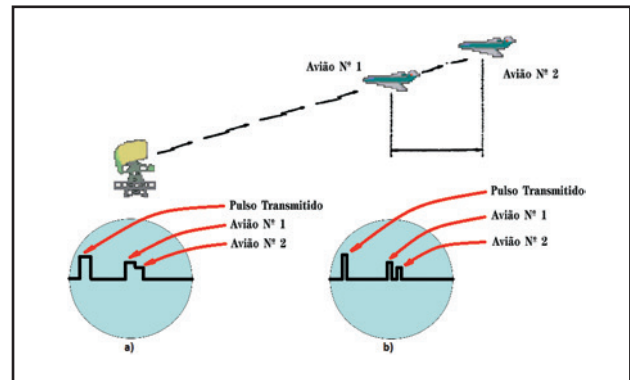


Figura 8. Poder de separação em distância: a) pulso largo; e b) pulso estreito

quentemente, maior será o alcance de detecção. Por exemplo, um navio operando em regiões de entrada de porto, ou seja, com grande tráfego de navios, emprega seu radar em pulso estreito de modo a ter uma resolução em distância de poucos metros. Entretanto, em alto mar os navios operam com pulsos largos de modo a maximizar o alcance de detecção radar. Em radares militares, de modo geral, deseja-se maximizar o alcance de detecção radar sem degradar muito a resolução em distância. Este objetivo é alcançado com o emprego da PCT [2].

Os radares que empregam PCT por deslocamento de fase (PSK), inicialmente, definem o alcance máximo desejado e qual o código da modulação em fase a ser adotado na transmissão. Posteriormente, um pulso largo é dividido em subpulsos de igual duração. Cada um destes subpulsos recebe uma fase específica, definida de acordo com o código escolhido. Portanto, por exemplo, para um código de comprimento $N=7$ teremos 7 subpulsos com suas respectivas fases definidas pela sequência do código escolhido. A modulação em fase mais usada emprega duas fases sendo denominada codificação binária

que associa os valores +1 e -1, da sequência do código, às fases 0° e 180° , respectivamente. Portanto, neste caso, os subpulsos são transmitidos alternando suas fases entre 0° e 180° , de acordo com a sequência do código adotado.

A Figura 9 ilustra este procedimento para o código Barker-7, cuja sequência é definida como: +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1.

A Figura 10 ilustra um sinal LPI, no domínio do tempo, utilizando PCT empregando o código Barker-7.

A modulação por deslocamento de fase (PSK) pode ser feita também empregando códigos com mais de duas fases, ou seja, empregando códigos polifásicos. Os códigos Frank são os códigos polifásicos mais empregados em radar [2].

Resumindo, ao se transmitir um pulso largo empregando PCT, por exemplo, com um código Barker-7, consegue-se obter uma resolução em distância equivalente a $1/7$ da largura de pulso (LP) largo, porém atingindo um alcance 7 vezes maior do que aquele que seria obtido com um pulso estreito (caso a LP fosse $1/7$ do pulso largo, ou seja, necessária para obter a mesma resolução em distância). Neste caso, a Taxa de Compressão de Pulso (k) será: $k = 7$.

Modulação Analógica Linear em Frequência (LFM)

Radares pulsados que possuem seus pulsos modulados linearmente em frequência são denominados radares CHIRP (*Compressed High-Resolution Pulse*) [2]. Tais radares também são classificados como radares LPI. A Figura 11 apresenta um exemplo de sinal transmitido por um radar CHIRP.

Adicionalmente, podemos ter radares LPI que transmitem sinais de onda contínua modulada em frequência (FMCW). Sua principal característica é possuir potência de pico idêntica a sua potência média. Esta baixa potência de pico dos sinais radar transmitidos dificulta a sua detecção pelo MAGE [1].

A Figura 12 ilustra um sinal FMCW.

Em radares CHIRP e FMCW, a taxa de compressão (k) é calculada como: $k = BW * LP$. Onde BW é a banda de frequência e LP é a largura de pulso.

A Figura 13 apresenta a Antena e o Transceptor do Radar FMCW *Pilot*, desenvolvido pela empresa sueca SAAB, adaptado para instalação em submarino [10].

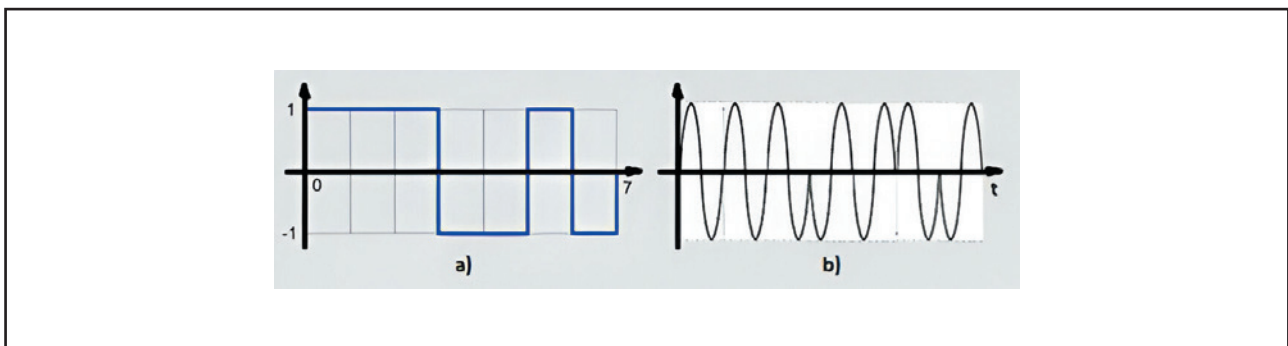


Figura 9. Representação da modulação por deslocamento de fase (PSK) com Código Barker-7

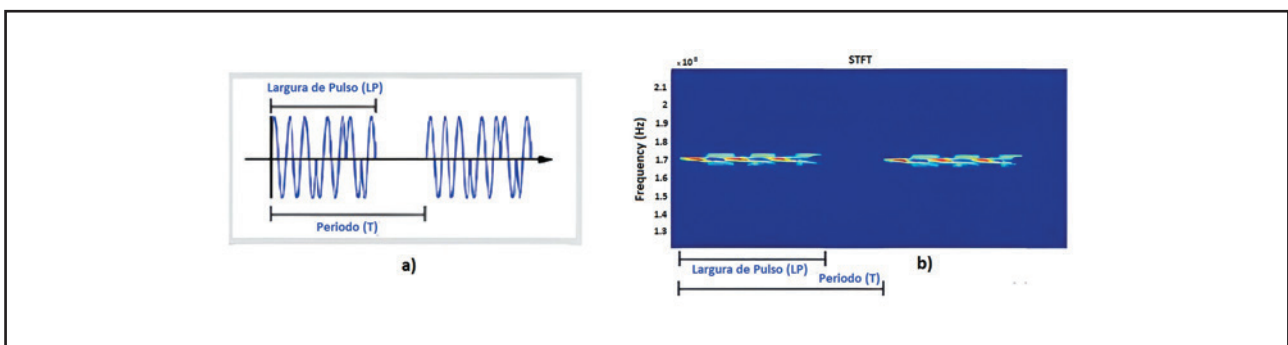


Figura 10. Sinal Barker-7: a) no domínio do tempo; e b) no domínio tempo-frequência

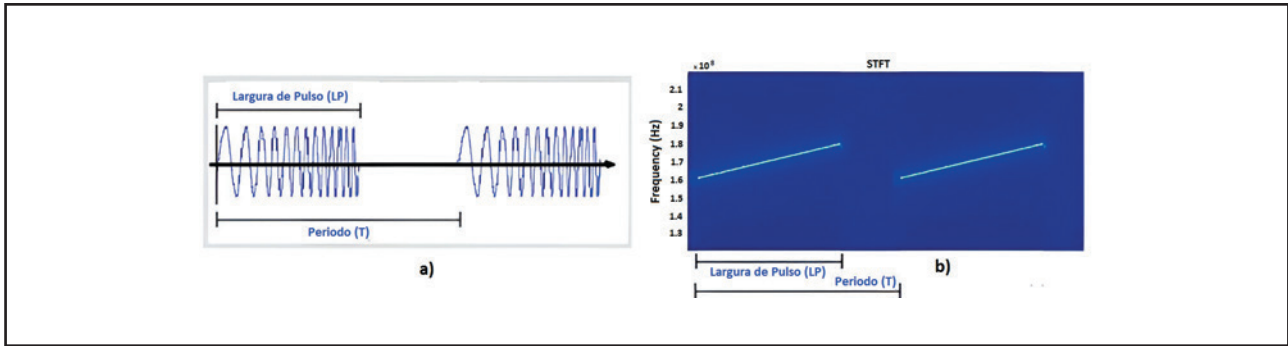


Figura 11. Sinal CHIRP: a) no domínio do tempo; e b) no domínio do tempo-frequência

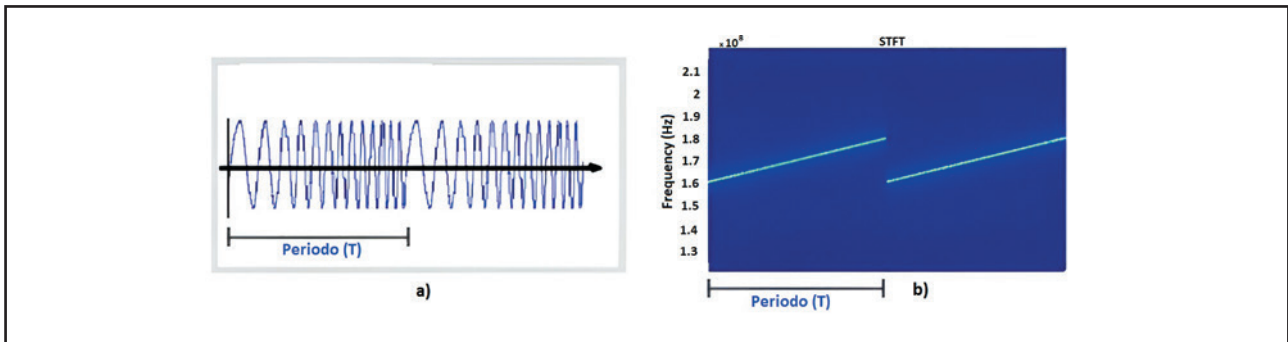


Figura 12. Sinal FMCW: a) domínio do tempo; e b) domínio do tempo-frequência

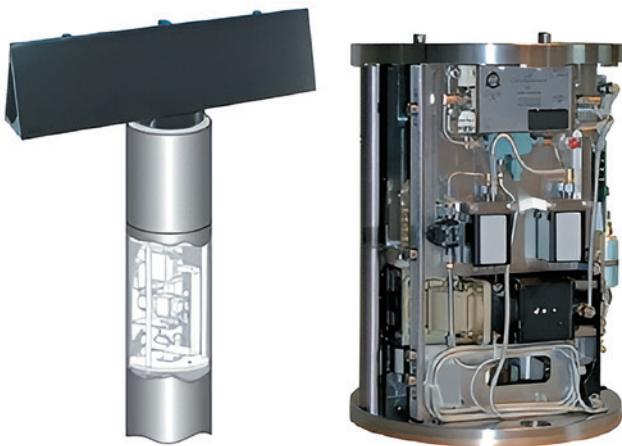


Figura 13. Radar FMCW Pilot da empresa SAAB adaptado para instalação em submarino [10]

MAGE DE ALTO DESEMPENHO (DOTADO DE DRX)

Os equipamentos MAGE dotados de DRX são capazes de realizar funções ELINT intrapulso devido a sua rápida conversão analógica-digital e também devido a sua capacidade de análise, em tempo real, no domínio da frequência. Desta forma, tais MAGE apresentam alto desempenho na interceptação de si-

nais com SNR baixos e, portanto, são adequados para a detecção de sinais LPI.

A importância da modernização dos MAGE, com a incorporação de um DRX a fim de melhorar seu desempenho frente aos radares LPI, pode ser evidenciada por meio da Tabela 1 [1]. Nesta tabela, percebe-se que, por exemplo, um radar FMCW, tipo PILOT MK2, transmitindo com 1 W de potência média, é capaz de detectar um míssil com seção-reta-radar de 1 m² a 8,8 km de distância, ou seja, alcance equivalente ao obtido com um radar pulsado convencional com 10 KW de potência de pico que é 7,9 km.

Entretanto, ainda observando a Tabela 1, percebe-se que o radar PILOT MK2 operando com 1 W de potência média somente será detectado por um MAGE convencional (60 dBmi) a apenas 2,5 km, enquanto que o radar pulsado operando com 10 KW de potência de pico será detectado pelo mesmo MAGE convencional a uma distância 100 vezes maior (250 km). Esta situação melhora bastante com o emprego do MAGE dotado de DRX (80 dBmi), ou seja, o radar FMCW PILOT MK2 operando com 1 W de potência média poderá ser detectado a 25 km de distância.

Tabela 1. Comparação dos alcances radar e MAGE [1]

Potência de saída do Radar	Distância de detecção Radar (km)		Distância de detecção do MAGE (km)	
	Seção Reta Radar do alvo: 100 m ²	Seção Reta Radar do alvo: 1 m ²	MAGE com 60 dBmi (convenc.)	MAGE com 80 dBmi (alto des.)
Pilot MK2 (FMCW) 1 W	28	8,8	2,5	25
Radar pulsado convencional com 10 KW de potência de pico	25	7,9	250	2.500

A Figura 14 apresenta uma arquitetura de MAGE dotado de DRX [11]. Nesta figura é possível a identificação dos blocos básicos que constituem um MAGE com DRX: Analisador de Espectro; Circuito de Detecção e Medição; e o Conversor Analógico-Digital (A/D).

Com base nesta arquitetura, percebe-se que a principal vantagem do MAGE dotado de DRX está na sua capacidade de processamento digital de sinais e, conseqüentemente, na viabilidade da análise dos sinais radar no domínio da frequência em tempo real. Tais características são essenciais para a detecção e identificação de sinais LPI de forma eficaz.

A Figura 15 apresenta um exemplo de um sistema MAGE que emprega DRX [10].

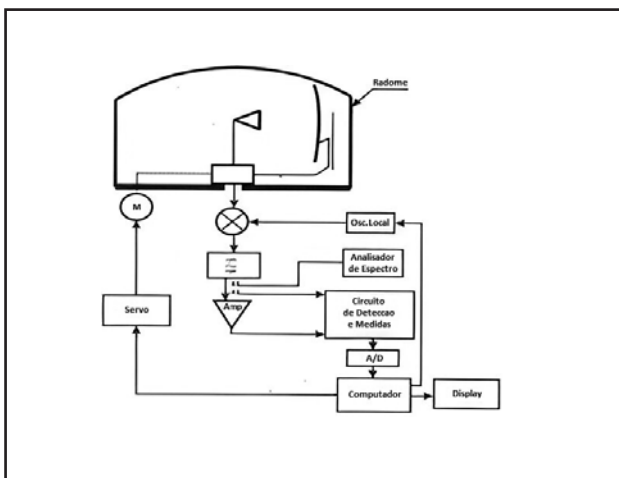


Figura 14. Arquitetura de um MAGE moderno dotado de DRX [11]

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ameaças modernas, que fazem uso de radares LPI em seus sistemas de navegação e de armas, têm se tornado cada vez mais presentes no cenário mundial. Como exemplos destas ameaças, podemos citar os mísseis antinavio e mísseis antiaéreos dotados de sistemas de guiagem terminal (*seekers*) baseados em radares LPI. Diante deste contexto, a modernização dos sistemas MAGE se torna essencial.

A possibilidade da tecnologia LPI de, através do uso de PCT, diminuir a amplitude de potência dos seus sinais, emitindo-os com uma potência média menor do que a do ruído branco presente no ambiente eletromagnético, faz com que um MAGE convencional, des-



Figura 15. MAGE ES-5080 da empresa ITT Electronic Systems dotado de DRX [10]

provido de algoritmo moderno de ELINT, não consiga interceptar o sinal e tampouco separá-lo do ruído. Este fato faz com que a tecnologia de ELINT intrapulso, baseada na análise no domínio do tempo-frequência decorrente do emprego de DRX, seja imprescindível no âmbito da GE.

Este trabalho ressalta a importância da incorporação dos algoritmos de ELINT intrapulso nos futuros equipamentos MAGE em desenvolvimento pela MB, como, por exemplo, no MAGE MK3 (Figura 16) que será instalado nas futuras FCT. Este futuro MAGE disporá de um sistema moderno de ELINT que conferirá à Esquadra a capacidade de se antepor a quaisquer ameaças modernas. Esta tecnologia elevará a MB, em matéria de GE, a uma posição de destaque dentre as esquadras das principais potências mundiais.

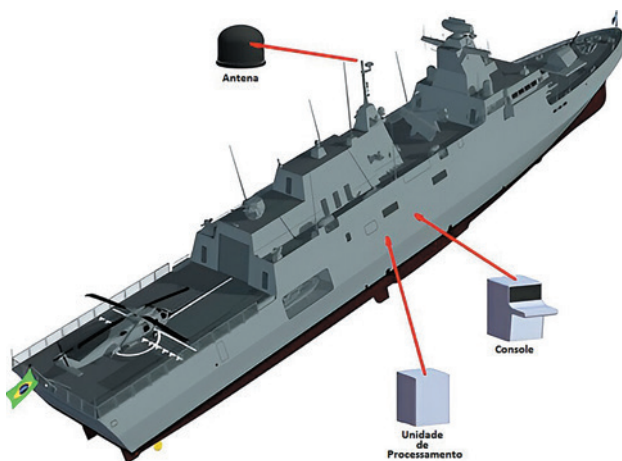


Figura 16. Projeto do MAGE Defensor MK3 para as FCT

REFERÊNCIAS

[1] PACE, PHILLIP E., *Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar*. 2ª Ed. Norwood, MA: Ed. Artech House, 2009.

[2] RICHARDS, MARK A. et al., *Principles of Modern Radar*, vol. 1, USA, Railegh: Ed. Scitech, 2010.

[3] STASHWICK, STEVEN, *Chinese Ballistic Missiles Fired into South China Sea Claimed to Hit Target Ship*. *The Diplomat*, 17 nov. 2020. Disponível em: <https://thediplomat.com/2020/11/chinese-ballistic-missiles-fired-into-south-china-sea-claimed-to-hit-target-ship/>. Acesso em: 04 set. 2023.

[4] LEVANON, NADAV e MOZESON, ELI, *Radar Signals*. Hoboken, New Jersey: Ed. John Wiley & Sons, 2004.

[5] TREVITHICK, JOSETH, *Top Navy Intel Officer Hopes China Will Keep Dumping Money Into Anti-Ship Ballistic Missiles*. *The Drive – War Zone*, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/38988/top-navy-intel-officer-hopes-china-will-keep-dumping-money-into-anti-ship-ballistic-missiles>. Acesso em: 04 set. 2023

[6] WESTLAKE, SAMUEL T., *The application of deep learning algorithms to longwave infrared missile seekers*. 2021. Tese de Doutorado. Cranfield University.

[7] ALLISON, GEORGE, *Royal Navy warships to lose anti-ship missiles*. *The UK Defence Journal*, 16 nov. 2016. Disponível em: <https://ukdefencejournal.org.uk/royal-navy-warships-lose-anti-ship-missiles/>. Acesso em: 04 set. 2023.

[8] *Canhão principal KRI Halasan-630 destrói alvo com sucesso*. PT PAL Indonésia, 22 nov. 2022. Disponível em: <https://www.pal.co.id/2022/11/publikasi/news-berita/meriam-utama-kri-halasan-630-sukses-hancurkan-target/>. Acesso em 04 set. 2023.

[9] *Thailand Fires Chinese YJ-83 Anti-Ship Missile*. *Aviation Week*, 11 abr. 2019. Disponível em: <https://aviationweek.com/defense-space/thailand-fires-chinese-yj-83-anti-ship-missile>. Acesso em 04 set. 2023.

[10] HEINBACK, KETHLEEN et al., *Commercially Available Low Probability of Intercept Radars and Non-Cooperative ELINT Receiver Capabilities*, Naval Postgraduate School, USA, 2014.

[11] NERI, FILIPPO, *Introduction to Electronic Defense Systems*, 2ª Ed., Londres, UK: Ed. Artech House, 2001.

DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE NAVIOS DE GUERRA¹: OPORTUNIDADES PARA AUDITORIA OPERACIONAL

Capitão de Mar e Guerra (T)
Henrique Mansur Anache²

INTRODUÇÃO

A manutenção de um navio de guerra é um processo complexo, que envolve reparos, substituição de peças e modernização de equipamentos, e o desempenho desse processo tem relação direta com a prontidão de uma marinha, pois a duração da manutenção afeta a disponibilidade de navios.

Por outro lado, a avaliação desse processo, por meio de auditorias operacionais³, contribui para o seu melhor desempenho e, em consequência, para a prontidão da força naval, bem como pode gerar economias financeiras à Marinha.

A exemplo de auditorias operacionais conduzidas pelo *United States Government Accountability Office (GAO)*, órgão do Congresso dos Estados Unidos responsável pelos serviços de auditoria, sobre a manutenção de navios da Marinha dos Estados Unidos, há oportunidades para a realização de trabalhos congêneres em outras marinhas, em especial, para

avaliar o desempenho da manutenção e seu efeito na disponibilidade de navios e na prontidão.

MANUTENÇÃO DE NAVIOS DE GUERRA, DISPONIBILIDADE E PRONTIDÃO

Na Marinha dos Estados Unidos, quatro estaleiros realizam a manutenção que abrange revisões, alterações, reformas, restaurações, reabastecimento nuclear e inativações. Essa manutenção pode incluir grandes reparos, revisões ou a reconstrução completa dos sistemas necessários para que os navios atinjam sua vida útil esperada e envolve reparos estruturais, mecânicos e elétricos complexos. Em geral, são programados períodos de manutenção a cada 2 a 3 anos para cada porta-aviões e a cada 4 a 6 anos para submarinos, ao longo da vida útil do navio (GAO, 2020, p. 4 e 5).

O nível de complexidade do reparo, da manutenção e da modernização de navios pode afetar a duração de um período de manutenção, que pode variar de 6 meses a cerca de 3 anos para manutenções mais complexas. Os períodos de manutenção mais longos e complexos executados são designados no *Navy's Optimized Fleet Response Plan*. Esse plano é projetado para maximizar a disponibilidade operacional da frota para os comandantes, garantindo tempo adequado para o treinamento de pessoal e a manutenção dos navios (GAO, 2020, p. 6).

Os estaleiros fornecem à Marinha a capacidade de realizar manutenções complexas em navios, reparos de emergência e modernização de navios, entre outros serviços. A capacidade dos estaleiros de concluir as manuten-

¹ NAVIO DE GUERRA – Navio pertencente às forças armadas de uma nação, devendo ostentar marcas externas que distingam seu caráter e nacionalidade; estar sob o comando de oficial, que, estando relacionado em lista de oficiais da Força Armada a que pertença, tenha sido devidamente designado pelo governo da nação à qual este navio pertença; e estar, ainda, guardado por tripulação composta de pessoal sujeito às regras da disciplina militar (BRASIL, 2015, p. 180).

² MBA em Auditoria Governamental pela Fundação Getúlio Vargas.

³ Em inglês, *performance audit*. No Tribunal de Contas da União, chamada de auditoria operacional. Em outros países, também é conhecida como auditoria de gestão, de desempenho, operativa, *value for money* (BRASIL, 2020, p. 11).

ções no prazo afeta diretamente a prontidão da Marinha, pois os atrasos na manutenção reduzem a quantidade de tempo que os porta-aviões e submarinos estão disponíveis para treinamento e operações (GAO, 2020, p. 1).

A Marinha dos Estados Unidos relatou, em suas avaliações anuais de risco e controle interno, a sua incapacidade de planejar com precisão a manutenção nos estaleiros. As avaliações apontaram que as políticas da Marinha para definir requisitos de trabalho, desenvolver estimativas de custo e executar a manutenção no estaleiro resultaram em estimativas imprecisas de custo e duração (GAO, 2020, p. 18).

Um relatório de agosto de 2016 afirmou que as fraquezas materiais no planejamento da manutenção de navios levaram a Marinha dos Estados Unidos a gastar mais do que os valores orçados de manutenção de navios por sete anos consecutivos em um total de US\$ 5,7 bilhões. Os déficits nos estaleiros da Marinha representaram aproximadamente 50% desse montante, o que levou a transferências de outras rubricas do Departamento de Defesa e pedidos de dotações suplementares do Congresso para apoiar as operações contínuas dos estaleiros. A avaliação de risco e controle interno da Marinha de 2019 indicou que esses problemas persistiram, afirmando que os estaleiros tiveram durações de manutenção mais longas do que o esperado, aumentaram os custos indiretos e reduziram a disponibilidade operacional dos navios da Marinha (GAO, 2020, p. 18).

Especificamente em relação aos submarinos, em 2016, devido ao tempo ocioso aguardando manutenção – em barcos que ultrapassaram seus limites operacionais e não podiam mais submergir até que passassem por manutenção – a Marinha dos Estados Unidos perdeu cerca de 360 dias de operações. Em 2021, a frota perdeu quase 1.500 dias de tempo ocioso – o equivalente a tirar quatro submarinos da frota. Além disso, a frota perdeu o equivalente a três e meio submarinos em períodos de reparo que duraram mais do que o planejado. Portanto, são cerca de sete submarinos e meio que não puderam ser utilizados devido à espera de manutenção ou atraso na manutenção (ECKSTEIN, 2022).

Situação análoga foi observada na Marinha do Reino Unido, que, em 2019, teve vários projetos de manutenção importantes que foram paralisados ou adiados. Por exemplo, o *HMS Vanguard* não

estaria pronto para o mar no início de 2020, conforme programado originalmente. Em dezembro de 2019, ele permaneceu no dique em Devonport, envolvido em andaimes com a *Reactor Access House* ainda instalada sobre o compartimento do reator, indicando que o processo de reabastecimento ainda estava incompleto. Em consequência, haveria ajustes inevitáveis no planejamento dos cronogramas de manutenção de outros três navios (NAVY LOOKOUT, 2019a).

A disponibilidade operacional fornece uma medida de tempo ou probabilidade de que um navio ou um sistema de navio individual, como uma planta de propulsão, estará disponível para uso operacional quando necessário. A Marinha dos Estados Unidos identifica a disponibilidade operacional como uma medida primária de prontidão para sistemas de armas e equipamentos-chave críticos para a operação desses sistemas (GAO, 2023, p.7).

A disponibilidade depende da definição de “disponível”, pois os navios estão em um ciclo constante, com diferentes níveis de prontidão. Uma “regra de terços” se aplicaria à maioria das marinhas: um terço em operações; um terço em preparação para operações, em trânsito, treinamento ou manutenção; e um terço em prontidão muito baixa, em reforma profunda. Esse ciclo é inevitável, pois os navios de guerra são peças de engenharia altamente complexas que estão expostas ao ambiente marinho hostil e devem ser mantidas (NAVY LOOKOUT, 2019b).

Portanto, a duração das manutenções tem relação direta com a prontidão de uma marinha de guerra, pois os atrasos na manutenção reduzem o tempo disponível para os navios realizarem exercícios e operações. Ou seja, atrasos na manutenção dos navios prejudicam a prontidão de uma marinha de guerra.

Por se relacionar diretamente com a prontidão, é fundamental que o desempenho da manutenção de navios de guerra seja objeto de avaliação em uma marinha de guerra, a exemplo dos trabalhos realizados na Marinha dos Estados Unidos, pelo GAO.

AUDITORIA OPERACIONAL

A auditoria do setor público pode ser descrita como um processo sistemático de obter e avaliar ob-

jetivamente evidências para determinar se as informações ou as condições reais de um objeto estão de acordo com critérios aplicáveis. Essa auditoria é essencial, pois fornece aos órgãos legislativos e de controle, bem como aos responsáveis pela governança e ao público em geral, informações e avaliações independentes e objetivas acerca da gestão e do desempenho de políticas, programas e operações governamentais (INTOSAI, 2019a, p. 10).

As auditorias do setor público podem ser classificadas em um ou mais de três tipos principais: auditorias de demonstrações financeiras, auditorias de conformidade e auditorias operacionais. Os objetivos de cada auditoria irão determinar as normas que lhe são aplicáveis (INTOSAI, 2019a, p. 11).

A auditoria operacional foca em determinar se intervenções, programas e instituições estão operando em conformidade com os princípios de economicidade, eficiência, eficácia e efetividade,⁴ bem como se há espaço para aperfeiçoamento. O desempenho é examinado segundo critérios adequados, e as causas de desvios desses critérios ou outros problemas são analisados. O objetivo é responder a questões-chave de auditoria e apresentar recomendações para aperfeiçoamento (INTOSAI, 2019a, p. 11).

Portanto, a auditoria operacional visa contribuir para o aperfeiçoamento da economicidade, eficiência, eficácia e efetividade. Visa também contribuir para a boa governança, *accountability*⁵ e transparência, bem como procura fornecer novas informações, análises ou percepções e, quando apropriado, recomendações para melhoria (INTOSAI, 2019b, p. 8).

As auditorias operacionais, devido à variedade e complexidade das questões tratadas, possuem maior flexibilidade na escolha de temas, objetos de auditoria, métodos de trabalho e forma de comunicar as conclusões de auditoria. Empregam ampla seleção de méto-

dos de avaliação e investigação de diferentes áreas do conhecimento (BRASIL, 2020, p. 20).

Ressalta-se que a seleção do tema da auditoria é o primeiro estágio do ciclo de auditoria. De acordo com as *International Standards of Supreme Audit Institutions (ISSAI)*, faz parte do planejamento. É importante selecionar um tema que possibilite a realização de uma auditoria que contribua para o aperfeiçoamento da administração pública. Selecionar bem significa escolher os temas que podem oferecer maior benefício à coletividade, considerando as alternativas (BRASIL, 2020, p. 52).

Na área de Defesa, as auditorias operacionais, além de contribuírem para a melhoria do desempenho das forças armadas, podem proporcionar economias financeiras, como foi demonstrado no trabalho realizado pela *RAND Europe*⁶, contratada pelo *National Audit Office (NAO)*, que é instituição suprema de auditoria do Reino Unido, para investigar o impacto de seu trabalho de auditoria operacional com o Ministério da Defesa do Reino Unido. A *RAND Europe* foi solicitada para identificar e validar as economias financeiras que foram alcançadas como resultado das recomendações feitas pelo NAO (BASSFORD, 2009, p. ii).

Como resultado do estudo da *RAND Europe*, foram identificados 116,8 milhões de libras de economia financeira que foi alcançada pelo Ministério da Defesa em relação a um estudo do NAO sobre otimização de estoques. É apropriado atribuir 25% dessas economias, 29,8 milhões de libras, à equipe de auditoria operacional do NAO na área de Defesa devido às recomendações feitas nesse estudo. Ademais, houve economias superiores a 100 milhões de libras alcançadas pelo referido Ministério, as quais foram relacionadas a um estudo do NAO sobre aquisições de rotina (BASSFORD, 2009, p. vi).

Portanto, a avaliação do desempenho da manutenção de navios de guerra em uma marinha, além de contribuir para a prontidão, pode proporcionar, a exemplo de outras avaliações na área de Defesa, economias financeiras à força naval.

⁴ A definição de auditoria operacional na ISSAI 3000 usa o termo em inglês *effectiveness*, que abrange dois conceitos diferentes em língua portuguesa: eficácia (conceito relacionado ao grau de alcance das metas programadas em termos de produtos) e efetividade (conceito relacionado aos impactos) (BRASIL, 2020, p. 14).

⁵ *Accountability* – Obrigação dos agentes e das organizações que gerenciam recursos públicos de assumir integralmente as responsabilidades por suas decisões e pela prestação de contas de sua atuação de forma voluntária, inclusive sobre as consequências de seus atos e omissões (BRASIL, 2017a, p. 32 e BRASIL, 2017b, p.131).

⁶ A *RAND Europe* é uma organização independente sem fins lucrativos de pesquisa de políticas que visa melhorar a tomada de decisões e políticas no interesse público, por meio de pesquisa e análise. Os clientes da *RAND Europe* incluem governos europeus, instituições, ONGs e empresas com necessidade de análises rigorosas, independentes e multidisciplinares (BASSFORD, 2009, p. ii).

No setor público brasileiro, a auditoria operacional é realizada tanto por órgãos de controle externo (tribunais de contas), como por órgãos de controle interno (controladorias, unidades de auditoria interna governamental – UAIG).⁷

OPORTUNIDADES PARA AUDITORIA OPERACIONAL

No planejamento da auditoria operacional, o auditor deve desenvolver os procedimentos a serem usados

para coletar evidências de auditoria suficientes e apropriadas, que respondam aos objetivos e questões de auditoria⁸ (INTOSAI, 2019b, p.25).

A partir dos fatores que contribuíram para atrasos na manutenção de porta-aviões e submarinos da Marinha dos Estados Unidos e que foram citados no Relatório da auditoria operacional realizada pelo GAO, pode-se ter uma gama de questões de auditoria que poderiam ser elaboradas em avaliações congêneres a serem realizadas em outras marinhas de guerra, conforme Quadro 1.

Quadro 1. Fatores e Questões de Auditoria

FATOR	QUESTÃO DE AUDITORIA
Serviços não planejados	Houve necessidade de realizar serviços não planejados inicialmente?
Força de trabalho	Quanto à força de trabalho, possui quantidade suficiente para atender a demanda, é capacitada e é priorizada para a manutenção mais relevante?
Modernizações e alterações	Houve modernizações e alterações que incluem a adição de novos equipamentos e sistemas, proporcionando melhorias e alterações permanentes na configuração do navio?
Navios não chegam ao estaleiro como planejado	Há navios que atracam no estaleiro em dia/horário diferente do programado, afetando os cronogramas de manutenção de outros navios?
Peças e materiais	Há dificuldade na obtenção de peças de reposição, canibalização, longos prazos para a entrega de peças?
Dados técnicos suficientes	O estaleiro possui dados técnicos suficientes para realizar a manutenção?
Facilidades e equipamentos	Há diques suficientes para atender a demanda de manutenção? Qual o estado das máquinas e dos equipamentos utilizados para os serviços – degradados, velhos ou quebrados? Houve aumento do tempo ocioso de navios inoperantes esperando para iniciar um período de manutenção, decorrente de indisponibilidade de instalações?
Efeitos da manutenção diferida	Como cada tipo de manutenção que é realizada de acordo com a etapa do ciclo de manutenção do navio influi no período de manutenção?
Condição do navio na chegada ao estaleiro	O navio chega ao estaleiro em condição pior que o previsto, pois é de uma classe envelhecida ou operou por tempo prolongado sem manutenção?
Infraestrutura de tecnologia da informação	Os sistemas utilizados para apoio na manutenção dos navios são atualizados?

Fonte: GAO (2020, p. 15).

Nota: Quadro organizado pelo autor com base nas informações relatadas pelo GAO.

⁷ No Poder Executivo Federal, as UAIG realizam serviços de avaliação do tipo operacional ou de desempenho, conforme estabelecido no Manual de Orientações Técnicas, do Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2017b, p.14).

⁸ Questões de auditoria – consistem nos objetivos do trabalho descritos em forma de perguntas. São necessárias para direcionar os trabalhos para os resultados que se pretende atingir (BRASIL, 2017b, p. 135).

Uma vez observada a condição de atraso na manutenção, pode também ser avaliado se o atraso na conclusão de um período de manutenção afetou o início de um próximo período de manutenção programada, considerando a limitação das instalações do estaleiro (GAO, 2020, p. 13).

Ademais, caso também sejam observados adiantamentos na manutenção dos navios, é importante avaliar o seu efeito no desempenho da manutenção, pois esses adiantamentos dificultam o gerenciamento das demandas de manutenção, uma vez que, para recuperar a manutenção adiada, a marinha terá que adicioná-la à demanda de manutenção programada (MARTIN, 2017, p. 30).

CONCLUSÃO

A manutenção de navios de guerra é um processo fundamental para uma marinha. Sua prontidão depende do bom desempenho desse processo – atrasos na manutenção dos navios, reduzem sua disponibilidade.

Essa condição foi observada em duas das mais importantes marinhas de guerra do mundo - Estados Unidos e Reino Unido – e foi objeto de auditoria operacional conduzida pelo GAO que concluiu que a capacidade dos quatro estaleiros da Marinha dos Estados Unidos de finalizar a manutenção de porta-aviões e submarinos no prazo afeta diretamente a prontidão, porque os atrasos na manutenção reduzem a quantidade de tempo que os navios estão disponíveis para cumprir suas missões e proteger a nação (GAO, 2020, p. 31 e 32).

Dessa forma, a realização de avaliações congêneres em outras marinhas contribuiria para o aprimoramento desse processo, inclusive podendo gerar economias financeiras à força naval.

REFERÊNCIAS

BASSFORD, Matt et al. *The National Audit Office and Defence Value for Money: Identifying Financial Savings*. RAND Europe, 2009. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR666.html. Acesso em: 03 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Glossário das Forças Armadas MD35-G-01*. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md35-G-01-glossario-das-forcas-armadas-5-ed-2015-com-alteracoes.pdf/view>. Acesso em 09 ago. 2023.

_____. Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. *Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal*. Aprovado pela Instrução Normativa SFC nº 3, de 9 de junho de 2017. Brasília: CGU/SFC, 2017a. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/33409/21/Instrucao_Normativa_CGU_3_2017.pdf. Acesso em: 28 jul. 2023.

_____. Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. *Manual de Orientações Técnicas da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal*. Aprovado pela Instrução Normativa SFC nº 8, de 8 de dezembro de 2017. Brasília: CGU/SFC, 2017b. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/auditoria-e-fiscalizacao/pgmq/arquivos/in-sfc-08-2017-mot.pdf/view>. Acesso em: 28 jul. 2023.

_____. Tribunal de Contas da União. *Manual de auditoria operacional*. 4.ed. Brasília: TCU, Secretaria-Geral de Controle Externo (Segecex), 2020. Disponível em: https://portal.tcu.gov.br/data/files/F2/73/02/68/7335671023455957E18818A8/Manual_auditoria_operacional_4_edicao.pdf. Acesso em: 28 jul. 2023.

ECKSTEIN, Megan. *Submarine maintenance backlogs and delays take toll on fleet's development work at sea*. In: Defense News. Naval. 16 fev. 2022. Disponível em: <https://www.defensenews.com/naval/2022/02/16/submarine-maintenance-backlogs-and-delays-take-toll-on-fleets-development-work-at-sea/>. Acesso em: 28 jul. 2023.

GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO). United States. *Navy Shipyards: Actions Needed to Address the Main Factors Causing Maintenance Delays for Aircraft Carriers and Submarines*. GAO-20-588. Report to Congressional Committees. Agosto, 2020. Disponível em: <https://www.gao.gov/products/gao-20-588>. Acesso em: 26 jul. 2023.

_____. United States. *Weapon System: Sustainment Navy Ship Usage Has Decreased as Challenges and Costs Have Increased*. GAO-23-106440. Report to Congressional Committees. Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.gao.gov/products/gao-23-106440>. Acesso em: 26 jul. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SUPREME AUDIT INSTITUTIONS (INTOSAI). *Fundamental Principles of Public-Sector Auditing (ISSAI 100)*. Viena, 2019a. Disponível em: <https://www.issai.org/pronouncements/issai-100-fundamental-principles-of-public-sector-auditing/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

_____. *Performance Audit Standard (ISSAI 3000)*. Viena, 2019b. Disponível em: <https://www.issai.org/pronouncements/issai-3000-performance-audit-standard/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

MARTIN, Bradley et al. *A Strategic Assessment of the Future of U.S. Navy Ship Maintenance: Challenges and Opportunities*. Santa Monica, California: RAND Corporation, 2017. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1951.html. Acesso em: 16 ago. 2023.

NAVY LOOKOUT. *Maintenance problems for the Royal Navy mount up*. In: Navy Lookout. Analysis. 08 dez. 2019a. Disponível em: <https://www.navylookout.com/maintenance-problems-for-the-royal-navy-mount-up/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

_____. *Minister tells head of the Royal Navy to make increasing warship availability a priority*. In: Navy Lookout. Analysis. 25 out. 2019b. Disponível em: <https://www.navylookout.com/minister-tells-head-of-the-royal-navy-to-make-increasing-warship-availability-a-priority/>. Acesso em: 31 jul. 2023.



AMAZUL

**MELHORANDO A
QUALIDADE DE VIDA
DOS BRASILEIROS.
CONTRIBUINDO
PARA O FUTURO DO
SETOR NUCLEAR E O
PROGRESSO CIENTÍFICO,
TECNOLÓGICO E
ECONÔMICO DO PAÍS.**



**Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) | Transição Energética
Irradiação de Alimentos | Dispositivo de Assistência Ventricular
Gestão do Conhecimento | Geração de Energia Elétrica
Produção de Radiofármacos | Ciclo do Combustível**



Tecnologia Nacional em Benefício da Sociedade
www.amazul.gov.br

A PANTHER, O TARTU E A MOBILIDADE

“A Marinha que não é capaz de empregar suas forças navais em tempo de paz, logicamente não o será na guerra”.

Contra-Almirante (Ref) Paulo Lafayette Pinto

*Capitão de Mar e Guerra (Ref)
Pedro Gomes dos Santos Filho¹*

INTRODUÇÃO

No decorrer do século 20, dois navios, navegando escoteiros, mobilizaram navios da Esquadra brasileira, que receberam ordem de suspender para irem de encontro a esses navios em atitude nada amistosa. Os dois episódios, ocorridos com diferença de quase 60 anos, proporcionaram lições sobre a importância da característica do Poder Naval denominada Mobilidade.

Este trabalho pretende descrever sucintamente o que aconteceu durante as crises que envolveram a canhoneira² alemã *Panther* e o contratorpedeiro francês *Tartu* e registrar as lições recolhidas nesses eventos com relação à necessidade de um país dispor de uma Força Naval com a mobilidade necessária para fazer frente aos desafios que possam surgir.

OS NAVIOS ESTRANGEIROS

Canhoneira *Panther*

A *Panther*, canhoneira alemã da classe *Tiger*, foi lançada ao mar em 1901. Era uma belonave de mé-

dio porte, calado de 3,5 metros, sem couraça, deslocamento de 977 tons, artilhada com dois canhões de 4,1 pol (102 mm) de tiro rápido, marca Krupp, além de seis canhões menores e metralhadoras. Dotada de máquina de 1300 CV, era capaz de desenvolver uma velocidade de cruzeiro de 13,5 nós. Sua tripulação era composta por 121 praças.

Foi empregada pelo governo alemão em ações com o propósito de expandir a influência da sua política externa e tomou parte em várias crises internacionais: Venezuela e Haiti, em 1902; Panamá, 1903; República Dominicana, 1905; e Marrocos, em 1911, na denominada Crise de Agadir, que quase culminou em um conflito armado entre Alemanha e França.

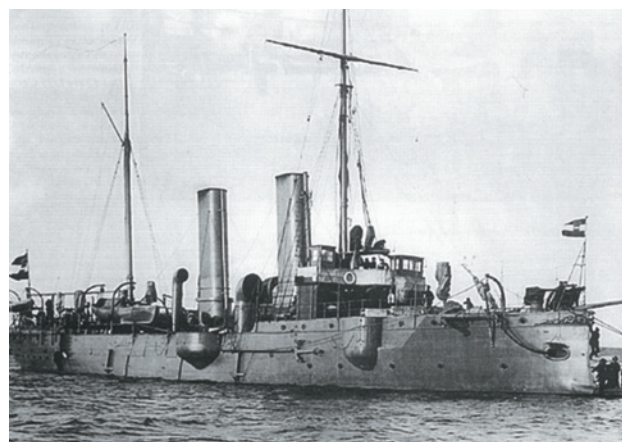


Figura 1. Canhoneira *Panther*

Fonte: internet (<https://www.pinterest.es/pin/535858055643694022/>).

¹ Doutor em Política e Estratégia pela Escola Superior de Guerra.

² O termo “canhoneira” é bastante genérico. A partir de meados do século XIX, o termo foi usado, sobretudo para designar as embarcações de guerra de pequeno e médio porte, empregadas pelas grandes potências no policiamento naval das suas colônias. Canhoneira, de acordo com o Dicionário Marítimo Brasileiro, é um “Navio de combate artilhado, com boa mobilidade, empregado em operação de defesa costeira” (CAMINHA, 1996, p. 80).



Figura 2. Contratorpedeiro *Tartu*

Fonte: internet (<https://www.naval.com.br/blog/2016/01/28/a-guerra-da-lagosta-e-suas-licoas/>).

Contratorpedeiro *Tartu* – D 636

Navio da classe *Duperre*, em 1955 foi classificado como navio de escolta rápido. Construído no estaleiro A.C. Bretagne, teve a sua quilha batida em novembro de 1954, foi lançado ao mar em 2 de dezembro de 1955 e comissionado na Marinha francesa em 5 de fevereiro de 1958.

Suas principais características eram as seguintes: calado máximo: 18 pés; deslocamento: 2.750 toneladas; armamento: seis (6) canhões A/A de 127 mm, seis (6) canhões A/A de 57 mm, duas (2) metralhadoras de 20 mm e seis (6) tubos lança-torpedos. Tinha a capacidade de desenvolver a velocidade de 32 nós e apresentava um raio de ação de 5.000 milhas com 18 nós.

OS MOTIVOS DAS CRISES

Em novembro de 1905, uma escolta composta por marinheiros da canhoneira *Panther*, à procura de um desertor do navio, desembarcou em Itajaí, Santa Catarina, sem permissão das autoridades locais. Os componentes da escolta cometeram atos de violência, caracterizando um atentado à soberania brasileira, que gerou um incidente diplomático qualificado de início como “um caso grave”. No dia 6 de dezembro, os jornais do Rio de Janeiro noticiaram o fato e, a partir daí, começaram manifestações exigindo uma resposta brasileira. O episódio ficou conhecido como “Caso *Panther*”.

No início de 1963, após a apreensão de alguns barcos pesqueiros franceses que se encontravam ile-

galmente capturando lagostas na plataforma continental do Brasil, o governo francês decidiu enviar o contratorpedeiro *Tartu* ao litoral do Nordeste brasileiro, a fim de proteger as embarcações de pesca do seu país. O acontecimento ficou conhecido como “Guerra da Lagosta”.

AS RESPOSTAS

Nos dois episódios, a decisão tomada foi a que cabia em casos semelhantes: enviar navios para onde se encontravam a *Panther* e o *Tartu*, enquanto transcorriam conversações diplomáticas.

No primeiro caso, os primeiros a receber ordens para suspender em direção ao sul do país foram o Cruzador *Barroso*, o Cruzador (depois Navio-Escola) *Benjamin Constant* e o Cruzador *Tamandaré*. Posteriormente, aos encouraçados guarda-costas *Florianópolis* e *Deodoro* foi determinado que se juntassem aos demais.

Os navios não obtiveram contato com a *Panther*, que já havia suspenso em direção ao Sul. O *Barroso* foi obrigado a abandonar a ação em virtude da falta de combustível, e os outros navios somente atingiram Florianópolis, de onde, após longo período aguardando reparos, retornaram ao porto base (PEIXOTO, 2004).

No segundo, o Estado-Maior da Armada (EMA) determinou, no dia 23 de fevereiro, sábado de Carnaval, que suspendesse para Recife um Grupo-Tarefa (GT), composto por um cruzador e quatro contratorpedeiros. Mais tarde, como reforço ao GT, deveriam seguir para o mesmo local mais um cruzador, contratorpedeiros e submarinos à medida que se apresentassem prontos para a missão. Aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB) prestariam apoio à Força Naval.

Na madrugada do domingo de Carnaval de 1963, 24 de fevereiro, os contratorpedeiros *Paraná* e *Pernambuco* deixaram o Rio de Janeiro. O Contratorpedeiro (CT) *Pará* suspendeu à tarde. Os três navios atracaram em Recife ao final da tarde do dia 26, terça-feira (BRAGA, 2004).

Após o monitoramento das suas comunicações pelas estações radiogoniométricas brasileiras, o *Tartu* foi localizado e acompanhado pela FAB. Dois dias após a

chegada em Recife, os contratorpedeiros *Pará* e *Paraná* suspenderam e foram os primeiros a manter contato visual com o navio francês. Houve troca de sinais de identificação e cumprimentos de acordo com o Cerimonial, por intermédio de comunicação visual, por holofote. O *Paraná* chegou a se aproximar até 1.000 jardas do navio francês, quando identificou seu indicativo de costado, e depois se afastou (BRAGA, 2004).

Até o final da crise, navios sediados em Recife se revezaram no acompanhamento do navio de guerra e dos lagosteiros franceses, mantendo-se em patrulha na área. A substituição do *Tartu* pelo Aviso *Paul Goffeny*, navio de pouca expressão militar, ajudou no arrefecimento da crise, que se encerrou com a retirada dos pesqueiros e do navio de guerra da área.

AS CONDIÇÕES MATERIAIS DOS NAVIOS BRASILEIROS

Ao receber a ordem de suspender para confrontar a canhoneira alemã, o NE *Benjamim Constant* havia chegado recentemente de uma viagem de instrução, apresentando as restrições que uma viagem de longa duração pode acarretar. Por sua vez, o *Tamandaré* era um navio problemático, que, a rigor, nunca ficou pronto. Com graves deficiências estruturais no seu projeto, foi empregado como bateria flutuante na Revolta da Armada e realizou curtas viagens, sempre apresentando avarias (MARTINS, 1997).

Apesar da situação em que se encontravam, esses dois navios suspenderam um dia depois do *Barroso*. Este apresentava melhores condições³ e pôde suspender mais prontamente.

Os encouraçados guarda-costas *Floriano* e *Deodoro* demoraram ainda mais tempo para se fazerem ao mar. O *Floriano* suspendeu quatro dias, e o *Deodoro*, somente dez dias depois do *Barroso*.

O Grupo-Tarefa determinado pelo EMA não pôde ser formado completamente. O CT *Pará* não conseguiu suspender na madrugada junto com os outros dois navios porque apresentou problemas nas bombas de alimentação principal das caldeiras. O CT

Greenhalgh, quarto contratorpedeiro do GT, só largaria as espias na segunda-feira, à noite, após sanar uma avaria na máquina. Os cruzadores *Barroso* e *Tamandaré*, que poderiam ser o capitânia do GT, não estavam em condições de suspender imediatamente, pois apresentavam avarias de maior monta. A estimativa para a prontificação era de 96 horas para o *Barroso* e 15 dias para o *Tamandaré*. O Cruzador *Barroso*, cumprindo a estimativa, suspendeu no dia 28, à tarde, mas foi obrigado a transportar equipes do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, com a tarefa de concluir vários reparos pendentes (BRAGA, 2004).

À medida que foram ficando prontos, outros navios foram enviados para Recife e para outros portos do Nordeste. Durante o trânsito, alguns navios reportaram avarias significativas, chegando, em um caso, a ser solicitado reboque.

O estado de prontidão dos navios pode ser avaliado nas palavras de um Segundo-Tenente embarcado no CT *Paraná* sobre as suas atividades durante a travessia Rio – Recife:

Passamos também, durante a viagem, relacionando e pedindo os materiais que faltavam, entre os quais, que me lembro, estavam as rações de emergência para completar as dotações das balsas e os torpedos para os nossos tubos lançadores (SILVA, 2004).

O TÉRMINO E AS CONSEQUÊNCIAS DAS CRISES

Após protesto veemente do Governo brasileiro em decorrência do ato praticado pelo Comandante e tripulação da canhoneira, o Governo alemão colocou panos quentes, publicou uma nota lamentando o incidente e o caso foi encerrado sem deixar sequelas na relação entre os dois países.

A falta de condições materiais vivida pelos navios brasileiros, noticiada pelos jornais da época, possivelmente contribuiu para ser aprovada a proposta de reparlamento da força naval, apresentada, em 1906, pelo Almirante Alexandrino.

Em relação ao problema com as embarcações da França no litoral do Nordeste do Brasil, a saída dos pesqueiros e dos navios de guerra da área caracterizou

³ Comprado da Inglaterra, o *Barroso* era veloz (22 nós) e bem artilhado. Foi, durante muito tempo, o melhor navio da nossa Marinha, conhecido pelos marinheiros como o “palheta de ouro” (MARTINS, 1997).

o encerramento da crise “Guerra da Lagosta” no seu aspecto militar.

Ações diplomáticas ainda foram executadas sem, entretanto, prejudicar o restabelecimento da relação entre os dois países tradicionalmente amigos e que possuíam interesses econômicos comuns.

Em outubro de 1964, em viagem por dez países da América do Sul, o Presidente Charles de Gaulle foi recebido pelo Marechal Castelo Branco, reforçando a cooperação econômica, científica e política entre o Brasil e a França.

A MOBILIDADE

Na 2ª Guerra Mundial, a Marinha da Inglaterra executou a Operação “Ironclad”. A Força de Desembarque britânica suspendeu de Glasgow, Escócia, e enviou unidades militares a uma distância de 14 mil quilômetros até o extremo norte de Madagascar. Ao chegarem ao destino, as unidades estavam aptas para enfrentar o inimigo.

Mais tarde, durante a Guerra das Malvinas/Falklands, a Força Naval britânica se deslocou cerca de 7.500 milhas, chegando à Área de Operações em condições de combater imediatamente.

Esses dois exemplos descritos retratam a importância de uma das características do Poder Naval: a Mobilidade, definida como “Capacidade de deslocar-se prontamente e a grandes distâncias, mantendo o elevado nível de prontidão, ou seja, em condições de emprego imediato” (BRASIL, 2017, p. 1-5).

Verificando-se a definição de Mobilidade, pode-se concluir que ela depende, basicamente, de três elementos: meios adequados, estado do material desses meios e adestramento. Além disso, por envolver “grandes distâncias”, os meios envolvidos devem ter o suporte de forças de apoio logístico móvel.

As crises que envolveram a *Panther* e o *Tartu* são dois bons exemplos para ressaltar a importância da Mobilidade para a aplicação do Poder Naval.

No “Caso *Panther*”, embora três navios tenham suspenso à curta notícia, não chegaram a ter contato com o navio hostil, pois não conseguiram alcançá-lo.

Apesar de não ser possível avaliar a situação do adestramento dos navios envolvidos no “Caso

Panther”, examinando o seu estado material fica claro que as condições operativas apresentadas estavam longe do ideal. O melhor navio, o *Barroso*, ficou sem combustível, possivelmente por falta de planejamento ou por consumo excessivo. Os demais navios não prosseguiram em perseguição à canhoneira alemã, ficando dependentes de reparos em Florianópolis.

No seu livro *Fleet Tactics and Coastal Combat*, Wayne P. Hughes Jr. deixa claro que “Para ter mobilidade, as forças navais que não dispuserem de forças de apoio logístico móvel devem possuir autonomia e raio de ação intrínsecos” (HUGHES, 2000, p.181). Naquele episódio, as forças navais brasileiras não dispunham de nenhuma dessas condições. Portanto, a característica Mobilidade não se fez presente, comprometendo a atuação do Poder Naval.

Na Guerra da Lagosta, a ordem de suspender, que previa a participação de mais um CT e um cruzador, só foi atendida por três contratorpedeiros do GT. Ainda assim, dois contratorpedeiros do GT conseguiram suspender prontamente, se deslocar a grande distância e obter contato com o navio presumidamente hostil. Considerando-se que, apesar de algumas falhas logísticas, esses navios teriam condição de engajar com o possível inimigo, pode-se concluir que as condições previstas na definição da característica Mobilidade foram atendidas na crise com a França.

Os exemplos históricos apresentados neste artigo corroboram a importância dessa característica do Poder Naval, já reconhecida na Estratégia Nacional de Defesa (END) ao registrar:

O imperativo de mobilidade ganha importância decisiva, dadas a vastidão do espaço a defender e a escassez dos meios para defendê-lo. O esforço de presença, sobretudo ao longo das fronteiras terrestres e nas partes mais estratégicas do litoral, tem limitações intrínsecas. É a mobilidade que permitirá superar o efeito prejudicial de tais limitações (BRASIL, 2012).

Embora não se possa afirmar que a característica Mobilidade tenha sido diretamente responsável pelas consequências das crises que envolveram os navios da MB, as lições aprendidas nos episódios abordados

deixam claro que o nosso Poder Naval, além de contar com pessoal com alto grau de adestramento, deve dispor de meios com a capacidade de se deslocar fácil e oportunamente para qualquer área considerada em situação de risco aos interesses marítimos brasileiros.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Claudio Costa. **A guerra da lagosta**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2004.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA 305: Doutrina Militar Naval**. Brasília/DF, 2017.

_____. Ministério da Defesa. **END. Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2012.

CAMINHA, Herick Marques. **Dicionário marítimo brasileiro**. Rio de Janeiro: Clube Naval, 1996.

HUGHES, Wayne P. **Fleet Tactics and Coastal Combat**. Annapolis: Naval Institute Press, 2000.

MARTINS, Hélio Leôncio. **A revolta da Armada**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército Ed., 1997.

PEIXOTO, Renato Amado. As influências recíprocas entre a política externa e a interna – o Caso Panther. In: Renata Cêzar de Oliveira. (Org.). **Lições de Relações Internacionais**. Rio de Janeiro: UniverCidade Editora, 2004, v. I, p. 101-118., 2004.

SILVA, O. M. A guerra da lagosta vista por um tenente 40 anos após. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 124, n. 01/03, p. 97-107, jan/mar. 2004.

Participe da



A **Associação Villegagnon** é uma entidade civil, regida por estatuto social e forjada, principalmente, no sentimento de pertencimento e de retribuição pela formação disponibilizada na mais antiga instituição de ensino de nível superior do Brasil que, por gerações, vem formando os Oficiais combatentes da Força Naval.



Foi idealizada e fundada em 2019 com o propósito de promover iniciativas por meio de projetos e outras atividades previstas no Estatuto, visando fomentar o contínuo desenvolvimento da Escola Naval.

Assim, pessoas físicas e jurídicas podem contribuir, tornando-se um ASSOCIADO ou um COLABORADOR. A primeira opção permite contribuições regularmente periódicas. Já a segunda opção funciona com aportes pontuais, sempre que for desejado.

Sendo um ASSOCIADO ou um COLABORADOR, é possível escolher qual projeto quer ajudar, entre aqueles anualmente selecionados pela associação, sempre em proveito da excelência da Escola Naval.

Visite o nosso site <https://avil.org.br> e venha fazer parte dos entusiastas de “Villegagnon”, escolhendo a modalidade, o projeto e a forma de contribuição.

Para obter mais informações, entre em contato através do e-mail faleconosco@avil.org.br.



SISTEMAS DE ARMAS DAS FRAGATAS CLASSE TAMANDARÉ: UM SALTO TECNOLÓGICO E ESTRATÉGICO

Aspirante Miguel Angelo de Santana Portella

INTRODUÇÃO

O Brasil, como um país de dimensões continentais, apresenta um litoral de quase 7.500 quilômetros de extensão e uma Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de aproximadamente 3,6 milhões de quilômetros quadrados. Cerca de 95% do comércio externo do país é escoado por via marítima. Além dessa, outras diversas atividades de grande relevância econômica são realizadas em seu litoral, fora a imensidão de riquezas naturais contidas na região (WIESEBRON, 2013).

Segundo a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020a), são responsabilidades da Marinha do Brasil (MB) a dissuasão de concentrações de forças hostis, o desenvolvimento de capacidades de monitoramento e o controle nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB). Para que seja mantida a soberania sobre essa vasta área, conhecida como Amazônia Azul, é necessário o constante aprimoramento das tecnologias de defesa (BRASIL, 2020a).

Analisando o programa das fragatas e a conjuntura mundial sob o enfoque estratégico, no contexto da descoberta de novas fontes de recursos minerais na Amazônia Azul, houve o aumento da importância da defesa das áreas marítimas, justamente por conterem essas reservas naturais que estão presentes nos leitos marinhos. Com o conhecimento de novas reservas, naturalmente tende a ocorrer o aumento do número de pleitos por parte das nações, buscando garantir a exploração de determinadas áreas marítimas de forma não conflituosa através da *International Seabed Authority* (ISBA), o órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) encarregado da exploração dos fundos marinhos (MOURA, 2012).

Paralelamente a esses pacíficos processos de exploração, surgem também ambições territoriais que podem desencadear competições interestatais envolvendo conflitos armados. A Rússia, por exemplo, passou a enxergar com maior importância suas práticas defensivas no ambiente marítimo devido à escassez de recursos naturais e minerais (MOURA, 2012, p. 44, apud KRUPNOV, 2006, p. 44).

No contexto nacional, os atuais meios de escolta que são considerados a espinha dorsal da Esquadra brasileira são as Fragatas Classe *Niterói* (FCN), que em 1993, através do projeto MODFRAG, foram modernizadas e entregues em 2006. Essa modernização teve como objetivo ampliar as capacidades operacionais dos navios da classe de fragatas da MB. No entanto, ainda apresentam diversas limitações pela idade. A mais nova fragata da classe foi incorporada à Armada no ano de 1980 (MAIA, 2018).

Com o intuito de melhor atender às tarefas básicas do Poder Naval, com ênfase nas de negar o uso do mar e de controlar áreas marítimas, tendo em vista a necessidade de manter a soberania nacional sobre o território brasileiro e de efetuar a continuação do bem-sucedido projeto de construção da Corveta Classe *Barroso* (CCB), a MB deu início ao projeto de construção das Fragatas Classe *Tamandaré* (FCT) (MAIA, 2018).

No projeto das FCT, é previsto que elas tenham sistemas de armas modernos, compostos por sistemas de lançamento de mísseis, de lançamento de torpedos, de despistamento, sensores e canhões, cujos detalhes serão abordados posteriormente (FORÇAS DE DEFESA, 2023).

Visando à construção de quatro navios com elevado poder de combate e complexidade tecnológica, o proje-

to tem como objetivo aumentar a capacidade da força naval brasileira de defender suas águas jurisdicionais. O término do projeto de construção está previsto para o período de 2025 a 2028. Em seu planejamento, são apresentados alguns aspectos que o diferenciam dos demais realizados anteriormente. Diante disso, este estudo tem como objetivo apresentar de forma elucidativa o processo de renovação dos navios-escolta, com ênfase nas capacidades relacionadas ao combate, nas melhorias em relação aos meios navais antecessores e nos quesitos estratégicos, que são influenciados paralelamente nessa substituição (ÁGUAS AZUIS, 2020).

Para que o objetivo seja atingido, o presente artigo foi desenvolvido ao longo de quatro capítulos, além da introdução e conclusão. No capítulo inicial, foi abordada a concepção do projeto, com destaque para suas características e objetivos tendo em vista o planejamento da MB. Nos demais, foram elencados os armamentos e sensores que estarão presentes nas novas fragatas, discriminando suas funções e dados referentes ao seu funcionamento.

No decorrer desta pesquisa, foram utilizados documentos oficiais e artigos como bases teóricas para as conclusões obtidas e argumentos adotados.

DESENVOLVIMENTO

A REALIZAÇÃO DO PROJETO E SUA IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA E TECNOLÓGICA

Segundo Barreto (2021), inicialmente, no ano de 2012, pretendia-se retomar o projeto de construção das Corvetas Classe *Barroso* (CCB), mas elas deveriam ser construídas já contendo algumas atualizações tecnológicas e de forma que tal processo se iniciasse no ano de 2014. No decorrer dos estudos de exequibilidade, foi constatado que nas CCB eram empregados equipamentos já defasados. Desta forma, seria necessário projetar um novo navio contemplando diversas alterações, como atualizações nos sistemas de armas e de propulsão e a redução da tripulação.

Foi estabelecido que o projeto deveria seguir os preceitos da norma italiana RINAMIL de 2011. A partir de uma análise feita com essa norma, foi verificado que não seria possível aplicar as modificações no projeto da CCB, e, desta forma o projeto começou a tomar seus próprios moldes (BARRETO, 2021).

Em fevereiro de 2017, foi emitido pelo Comandan-

te da Marinha para o Ministério da Defesa, o Ofício nº 04-17/MB, no qual era registrado que a falta de recursos e a inconsistência do fluxo orçamentário teriam levado os navios a estarem em más condições de manutenção e que todos os navios de escolta haviam excedido a vida útil de seus projetos, tendendo a tornarem-se antieconômicos, o que poderia prejudicar a defesa das AJB (BARRETO, 2021).

Diante disso, em março do mesmo ano, foi iniciado o programa de construção das Fragatas Classe *Tamandaré*, liderado pela Marinha do Brasil, em parceria com a Thyssenkrupp, Embraer, Atech e EMGEPRON¹ a partir do consórcio Águas Azuis. Um dos pontos considerados primordiais no programa por parte do consórcio é a transferência de tecnologia, de forma a possibilitar futuros projetos estratégicos de defesa (ÁGUAS AZUIS, 2020). A Figura 1 ilustra o cronograma do Programa FCT.

A plataforma de construção naval, fornecida pela Thyssenkrupp, é a mesma utilizada na construção das fragatas Classe *MEKO*, já operante em 15 países, com 82 unidades existentes. A construção está sendo realizada completamente em território nacional, na cidade de Itajaí, SC (ÁGUAS AZUIS, 2020).

Segundo Ramos (2020), em iniciativas anteriores, como a de aquisição de oportunidade do Navio Aeródromo (NAe) *São Paulo*, que foi comissionado na Marinha francesa em 1963 e na Marinha do Brasil no ano 2000, já com o desgaste advindo de quase quatro décadas de uso, este meio foi adquirido sem que houvesse um planejamento adequado e recursos necessários para atualizá-lo, fazendo com que operasse por pouco tempo e apresentasse diversas deficiências.

O processo de descomissionamento da embarcação também gerou dificuldades, gastos e demandou grande

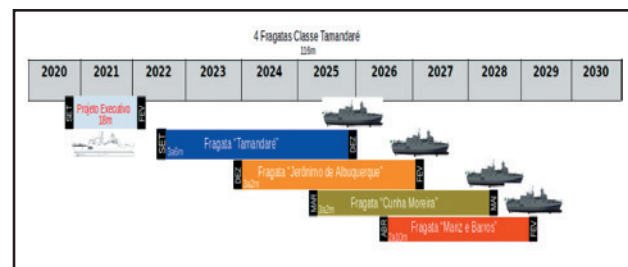


Figura 1. Cronograma do Programa das FCT

Fonte: Emgepron.

¹ É a sigla para Empresa Gerencial de Projetos Navais, criada em 1982, sendo vinculada ao Ministério da Defesa.

esforço logístico, tendo em vista a sua complexidade e a presença de erros no mesmo. O equívoco ocorreu na parte da avaliação do casco, na qual deixou de ser constatada a presença de amianto e outros materiais tóxicos na embarcação (RAMOS, 2020).

Por outro lado, o programa das FCT, segundo Barreto (2021), prevê a transferência de conhecimento e tecnologia, incluindo a de engenharia naval para construção de navios militares, sistemas de gerenciamento de combate e de plataforma. Também estão inclusos o apoio logístico integrado e o gerenciamento do ciclo de vida das embarcações, de forma que sejam prevenidos os possíveis problemas gerados pela falta de um planejamento adequado.

Uma das expectativas sobre o programa é a capacidade de realizar a manutenção de 40% de seus componentes em território nacional, de forma a não configurar uma expressiva dependência de empresas estrangeiras. O maior grau de autonomia e capacitação conferido através da construção das fragatas para a MB a torna um investimento mais produtivo e com resultados mais duradouros (BARRETO, 2021).

O estaleiro Brasil Sul, onde estão sendo produzidos os novos meios navais, foi construído em 2013, para a produção de navios de apoio *offshore* e adquirido em 2020 pela Thyssenkrupp Marine Systems, sendo um dos estaleiros mais modernos do Brasil (THYSSENKRUPP, 2021).

Segundo Delgado (2017), esse projeto, além dos benefícios diretos, decorrentes do aumento da capacitação do Poder Naval, fomenta a criação de empregos (direta e indiretamente), promove o desenvolvimento científico e tecnológico da Base Industrial de Defesa (BID) por conta da alta complexidade tecnológica dos navios e de seus sistemas navais embarcados, estimula a economia nacional e faz com que o Brasil retome sua capacidade de produzir navios militares, algo que a longo prazo contribui para reduzir a dependência externa de sua indústria de defesa.

A BID tem um papel fundamental nesse processo, e é de extrema relevância, representando um instrumento para o desenvolvimento nacional. Por esse motivo, é necessário que as empresas que compõem esse setor tenham ciência de seu papel no processo (DELGADO, 2017).



Figura 2. Fotos do estaleiro Brasil Sul

Fonte: <https://www.defesabrasilnoticias.com>.

De acordo com o Plano Estratégico da Marinha (PEM) 2040, é previsto que as empresas sejam os vetores desse desenvolvimento por meio da formação dos *clusters*, que têm como definição a aglomeração de empresas do mesmo setor econômico, com perspectiva de potencializar o crescimento da indústria nacional.

A obtenção das FCT se encontra no PEM 2040 como um dos subprojetos do Programa de Construção do Núcleo do Poder Naval, que é um dos programas estratégicos da Marinha do Brasil, que visa obter meios através da aquisição ou construção e com isso ampliar as capacidades operativas da MB e melhor desempenhar suas atribuições.

Também fazem parte dele o Programa de Submarinos (PROSUB), o Programa de Obtenção de Meios Hidroceanográficos (PROHIDRO) e alguns programas referentes ao Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), como o PROADSUMUS. Assim como a construção das FCT, todos os subprogramas do Programa de Construção do Núcleo do Poder Naval têm potencial de impulsionar o desenvolvimento da indústria nacional. Eles são norteados pelas Es-

estratégias Navais (EN) e Ações Estratégicas Navais (AEN) e são etapas da conclusão dos Objetivos Navais (OBNAV), segundo o PEM2040.

A partir de sua Identidade Estratégica e seus OBNAV, com as respectivas EN e AEN necessárias para alcançá-los, advém a necessidade da MB em constituir uma Força moderna, aprestada e motivada, composta por meios pessoal e material compatíveis com os desafios identificados ao longo do seu processo de planejamento estratégico.

Dessa forma, a MB organiza as suas necessidades em Programas Estratégicos. Tal sistemática está alinhada às melhores práticas de governança e gestão de recursos públicos, contribuindo com a eficiência do investimento estatal e o desenvolvimento da área de Defesa. Nesse sentido, sete² programas estratégicos da MB foram concebidos [...] (BRASIL, 2020b)

OS ARMAMENTOS DAS FCT

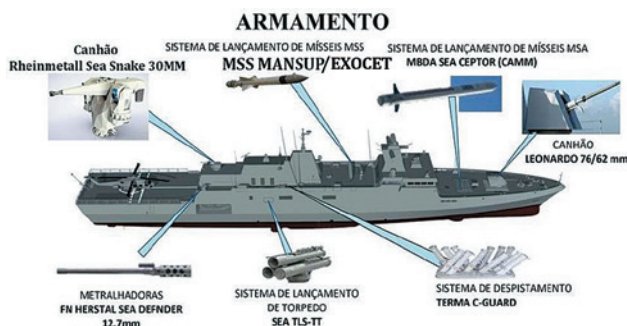


Figura 4. Armamentos das Fragatas Classe *Tamandaré*

Fonte: <https://tecnodefesa.com.br>.

CANHÃO LEONARDO 76/62 MM SR

Desenvolvido a partir dos canhões italianos OTO Melara 76/62C, 76/62 *Super Rapid* (SR) e

² Os programas criados foram o Programa Nuclear da Marinha, Construção do Núcleo do Poder Naval, Implantação da 2ª Esquadra e da 2ª Força de Fuzileiros da Esquadra na Região Norte/Nordeste, Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul, Segurança da Navegação, Obtenção da Capacidade Operacional Plena e Pessoal – Nosso Maior Patrimônio. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/defesa/projetos-estrategicos-da-marinha-do-brasil>. Acesso em 28 de out de 2023.

76/62 *Strales*, o projeto é compacto e versátil, podendo operar com múltiplos tipos de munição. Pode ser empregado na defesa contra mísseis, defesa de curto alcance, defesa antiaérea, defesa antissuperfície e no apoio de fogo naval. Possui calibre menor que o do armamento utilizado nas FCN, os canhões Vickers MK8 de 114,3 mm ou 4,5 pol. Entretanto, em exemplos como os das marinhas italiana e francesa, o canhão de 76/62 mm foi escolhido para compor o projeto de duas novas fragatas, no lugar do canhão de 100 mm. O armamento também apresenta como vantagem o fato de poder ser instalado em uma torre furtiva multifacetada, dificultando sua detecção (GALANTE, 2020).

A cadência de tiro do novo equipamento é de 120 disparos por minuto e tem um sistema de refrigeração que permite seu uso constante, destacando-se entre seus concorrentes para compor as FCT. A versão do canhão que será empregada, a SR, diferentemente da *Strales*, não consegue disparar projetis guiados, mas em compensação consegue efetuar a troca do tipo de munição disparada rapidamente, com alcance eficaz de 16 km, de acordo com a necessidade do combate, o que atribui maior versatilidade ao seu uso (REZENDE, 2022).

RHEINMETALL CIWS SEA SNAKE (30 MM)

Esse canhão foi criado após o ataque ao contratorpedeiro da Marinha dos Estados Unidos da América (EUA), USS *Cole*, em outubro de 2000, no qual uma embarcação terrorista de pequeno porte, que se encontrava carregada de explosivos, se chocou contra o costado do navio atracado e explodiu causando avarias severas ao casco do navio e a morte de 17 militares. O fato ocorrido mostrou a necessidade da obtenção de um mecanismo capaz de se contrapor às ameaças assimétricas. Ele é operado remotamente, reduzindo os riscos para a tripulação ao reagir às ameaças, e é indicado para combater, além de embarcações menores como o caso que estimulou sua criação, aeronaves e drones. Teve sua criação a partir da associação de um canhão anteriormente utilizado a partir de aeronaves, o BK27, com um modelo de sistema de mira proveniente do tanque *Leopard 2* (VALPOLINI, 2020).

Sua cadência de tiro é de 1.100 disparos por minuto, podendo utilizar variados tipos de munição man-

tendo uma precisão elevada. Pode operar no modo de disparo único, rajadas manualmente ajustáveis e ainda no modo automático com suporte do sistema, modo no qual a probabilidade de acerto é otimizada dependendo da distância e das características do alvo. Contém quatro câmeras, sendo uma delas capaz de empregar a captura de imagem térmica. Além disso, contém dois *lasers* de telemetria (VALPOLINI, 2020).

METRALHADORAS FN HERSTAL *SEA DEFNDER* (12,7 MM)

Esse armamento estará disposto em dois reparos, operados remotamente, com a proposta de garantir a segurança do atirador. Sua cadência é de 1.100 disparos por minuto. Seu propósito e emprego visam principalmente às operações antipirataria, antiterrorismo, controle de área marítima e patrulhas navais, fazendo com que sejam, assim como o canhão *Sea Snake*, eficazes contra ameaças assimétricas. Possui aproveitamento também no período noturno por conta da presença de câmera equipada com visão noturna. Diferentemente do que ocorre nas FCN, as metralhadoras possuem sistema de rastreamento de alvo e estabilização de imagem, garantindo maior automação (FN HERSTAL, 2023).

SISTEMA DE LANÇAMENTO DE MÍSSEIS MBDA *SEA CEPTOR*

Tendo como propósito engajar alvos aéreos como aeronaves, drones ou até mesmo outros mísseis, o novo sistema, cujas características são mostradas na Figura 6, apresentará lançadores verticais, diferentemente do que é empregado nas FCN, com o sistema Albatroz.

Na Marinha britânica, o sistema foi implementado em 2018, nas fragatas *Type 23*. Tendo como referência o míssil CAMM (*Common Anti-Air Modular Missile*), o sistema também terá a função de defesa aérea aproximada. O sistema de lançamento vertical apresenta vantagem em relação ao Albatroz por não precisar ser posicionado para o disparo, por garantir uma maior disponibilidade de espaço no convés, e por apresentar uma maior capacidade de armazenamento de munições, sendo dispostos dois conjuntos de quatro células de lançamento (MBDA, 2023).



Figura 5. Canhão *Sea Snake* e Metralhadoras *Sea Defender*
Fonte: <http://www.norb3d.com>.



Figura 6. Funcionamento do lançador MBDA *Sea Ceptor*
Fonte: <http://www.norb3d.com>.

SISTEMA DE LANÇAMENTO DE MÍSSEIS MBDA *SISTEMA ITL 70A*

É um sistema de lançamento de mísseis superfície-superfície (MSS), ou seja, mísseis antinavio. O míssil a ser utilizado será o Exocet MM40 ou o MANSUP. O sistema do Exocet MM40 já está em uso na MB, a bordo da Corveta *Barroso*. No caso, os armamentos serão os mesmos empregados anteriormente nas FCN (GALANTE, 2008).

Além de poder operar com o míssil francês, as novas fragatas poderão operar também com o míssil MSS MANSUP, que é produto da indústria nacional e tem compatibilidade de operação com o sistema de lançamento do Exocet (De Martini, 2022).

SISTEMA DE LANÇAMENTO DE TORPEDO SEA TLS-TT

Fabricado pela empresa Sea, o sistema é adotado na Marinha britânica há mais de trinta anos, além da demanda por outros países da América do norte e sul da Ásia. Nas FCT, serão dispostos dois lançadores triplos



Figura 7. Representação do lançamento do míssil Exocet MM40

Fonte: <http://www.norb3d.com>.



Figura 8. Representação de lançamento de torpedo a partir do SEA TLS-TT

Fonte: <http://www.norb3d.com>.



Figura 9. Representação do C-Guard

Fonte: <http://www.norb3d.com>.

de torpedos antissubmarino em cada bordo e os torpedos a serem utilizados serão os MK46, que dispõem de um alcance de 7,5 km. É o mesmo utilizado na Classe *Niterói*, entretanto o lançador consegue operar com o MK54, que o sucederá (PADILHA, 2021).

SISTEMA DE DESPISTAMENTO TERMA C-GUARD

Consiste em uma contramedida para mísseis e torpedos, sendo eles guiados por radiofrequência ou sistema de detecção por infravermelho. Ele possui capacidade tecnológica para atuar com as últimas gerações de iscas, além de ter três modos de atuação, sendo eles: manual, semiautomático e automático. No ultimo, o próprio sistema avalia a necessidade da contramedida e a aciona, reduzindo a carga de trabalho sobre o operador. O *C-Guard* tem a capacidade de conferir defesa em 360° com seus lançadores multiazimutais, alinhados com três ou quatro direções em cada bordo, reduzindo a probabilidade de ter sua capacidade de defesa reduzida por alguma falha mecânica e ainda pode lidar com múltiplas ameaças simultaneamente. Seu algoritmo provê, além da capacidade de auto-defesa, a de defender unidades aliadas (TERMA, 2023). A figura a seguir apresenta a visão geral dos armamentos das FCT.

AERONAVES EMBARCADAS

Além da Aeronave AH-11A Super Lynx, que já opera a bordo das FCN, as FCT terão a capacidade de operar com o SH-16 *Seahawk*, que dispõe de maiores dimensões, por conta de uma vantagem em relação à disponibilidade de espaço no convoo (PORTOS E NAVIOS, 2018).

Pode realizar operações envolvendo a detecção e ataque a meios de superfície ou submarinos e também ações de emprego geral, como por exemplo as evacuações aeromédicas. As primeiras unidades da MB foram adquiridas em 2008 da marinha estadunidense. Nas operações antissubmarino, ele utiliza o sonar DS 100 HELRAS e como armamento o torpedo MK46. Para as operações que envolvam o engajamento de meios de superfície, ele utiliza o radar APS-143(C)V3 e o míssil Ar-Superfície AGM 119B

Penguin MK2 MOD7. Em 2019 foi iniciada a qualificação para o voo empregando Óculos de Visão Noturna (BRASIL, 2023).

Em 2022, o 1º Esquadrão de Helicópteros Antissubmarino recebeu uma visita, que já era prevista no cronograma do programa de construção das FCT, de uma comitiva composta por representantes da EMGEPROM, da Thyssenkrup Marine Systems e da Diretoria de Aeronáutica da Marinha (DAerM). A visita teve o intuito de verificar aspectos relacionados às dimensões e à infraestrutura da aeronave, visando criar a compatibilidade de operação dela com as fragatas para compor o Destacamento Aéreo Embarcado, podendo ser considerada, quando embarcada, o vetor dos armamentos antissubmarino da fragata (WILTGEN, 2022).

Fora as aeronaves convencionais, as FCT também vão ter a capacidade de operar com o Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcado (SARP-E) RQ1-*ScanEagle*, que foi recentemente adicionado ao setor operativo da aviação naval da MB, sendo pioneiro o emprego desse tipo de equipamento nesse contexto da MB. Ele atuará em missões de inteligência, vigilância e reconhecimento. Os *ScanEagle* que operarão nas fragatas e no Navio-Aeródromo Multipropósito (NAM) Atlântico, operarão a partir de um lançador *Mark 4* compacto, de uma estação de trabalho de controle único do piloto e do sistema de recuperação independente de pista *Skyhook* (VIERNES, 2022).

OS SENSORES DE BORDO RELACIONADOS AOS SISTEMAS DE ARMAS

Os sensores previstos no projeto das FCT apresentam um elevado desempenho e precisão. No que tange à capacidade de realizar ações relativas ao combate, os sensores relacionados a essa função são os seguintes: radar de direção de tiro Thales Stir 1.2, alças optrônicas Safran Paseo XLR, radar de busca volumétrica Hensoldt TRS-4D Rotator, sonar de casco Atlas Elektronik ASO 713 e Mage MB Omnisys *Defensor* MK3.

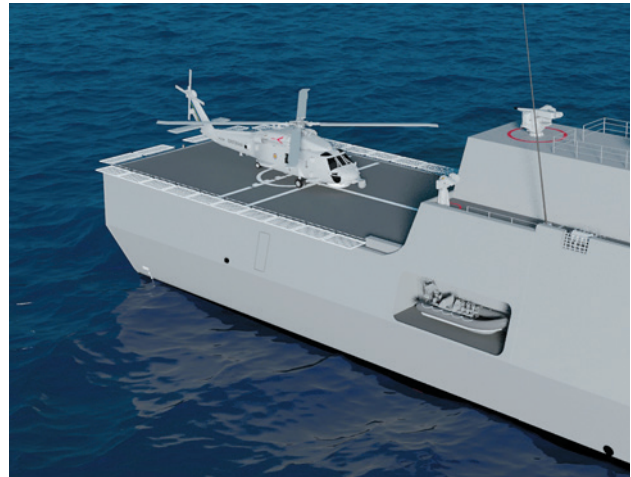


Figura 10. Representação do helicóptero SH-16 *Seahawk* a bordo da FCT

Fonte: <http://www.norb3d.com/>.



Figura 11. *ScanEagle* sendo lançado a partir de um meio naval

Fonte: <https://www.infodefensa.com>.

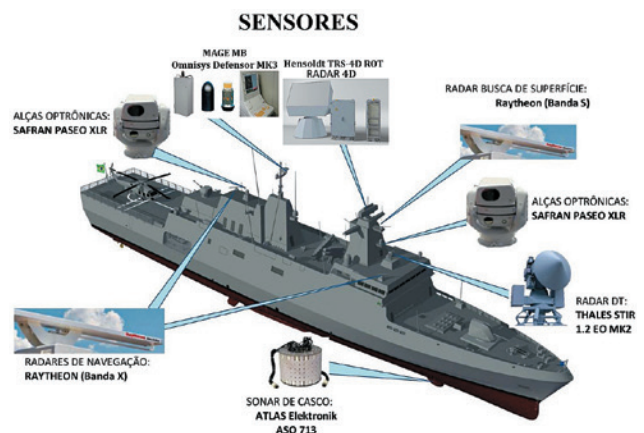


Figura 12. Sensores das Fragatas Classe *Tamandaré*

Fonte: <https://caiafamaster.com.br/fragatas-classe-tamandare-estao-em-fase-avancada-de-configuracao/>.

RADAR DE DIREÇÃO DE TIRO THALES STIR 1.2

É um equipamento destinado a operar primordialmente com sistemas de mísseis de defesa de área, podendo também operar com armas de diversos calibres, sendo destinado a médias e longas distâncias. Possui capacidade de realizar o acompanhamento do alvo por TV ou infravermelho. Já foi adquirido por 11 marinhas do mundo, dentre elas 6 componentes da OTAN (THALES, 2023).

ALÇAS OPTRÔNICAS: SAFRAN PASEO XLR

Esse sistema possui emprego similar ao radar de direção de tiro, sendo também utilizado nas guerras de superfície e antiaérea. Diferentemente do radar de direção de tiro, que é eletromagnético, ele é um equipamento eletro-óptico. Possui um *laser* de telemetria, que tem como função medir as distâncias das quais serão efetuados os disparos. Ele tem ainda a capacidade de realizar a vigilância automática por setor (SAFRAN, 2023).

As alças optrônicas têm a capacidade de detectar até mesmo pequenas embarcações, que podem passar despercebidas pelos radares por conta de suas dimensões e/ou composição material. Elas podem efetuar os controles de tiro diurno e noturno também, atuando no canhão principal do navio, no caso o de 76/62mm. Sendo assim, mostram-se ideais para serem empregadas contra ameaças convencionais e também contra as assimétricas (FORÇAS DE DEFESA, 2021).

RADAR DE BUSCA VOLUMÉTRICA HENSOLDT TRS-4D ROT

Sendo utilizado na detecção de alvos acima d'água, assim como os anteriores, também possui a capacidade de atuar como controlador das armas de superfície. Além disso, tem a capacidade de detectar, acompanhar e suprimir *jammers*, equipamentos que interrompem frequências de outros aparelhos através da emissão de ondas eletromagnéticas. Conseguir detectar contatos de superfície em distâncias de 200 m a 14 km e alvos aéreos em até 100 km, tendo a capacidade de fazer o acompanhamento de até 1.000 contatos (HENSOLDT, 2023).

SONAR DE CASCO ATLAS ELEKTRONIK ASO 713

Dentre os sensores citados, este é o único relacionado às ações de guerra antissubmarino, estando ligado como interface aos lançadores de torpedos. Ele opera de forma ativa e passiva, com a função de detectar, acompanhar e classificar alvos, podendo ser submarinos e outros meios subaquáticos, torpedos, minas, obstáculos e inclusive meios de superfície. Possui a capacidade de operar de forma onidirecional ou direcional de propagação das ondas, podendo restringir a transmissão a um setor. Em sua criação, teve ênfase em garantir sua capacidade de detectar torpedos automaticamente. Essa função se mantém ativa em segundo plano enquanto o sonar opera normalmente, sendo soado um alarme quando algum torpedo é detectado. Ele também conta com estabilização por feixe eletrônico (compensação das inclinações nos eixos longitudinal e transversal), modo de simulação e peso relativamente baixo (ATLAS ELETRONIK, 2023).

MAGE MB OMNISYS DEFENSOR MK3

Sendo um equipamento que desempenha a função de uma medida de apoio à guerra eletrônica, ele tem a função de detectar emissões de outros radares, fornecendo a direção da qual se origina a irradiação. Ao receber as ondas eletromagnéticas de outros radares, o MAGE verifica as características dos pulsos e, dessa forma, as associa a um determinado radar e consequentemente a uma provável plataforma de emissão com base em um banco de dados. Ele opera nas faixas entre 2 e 18 GHz (GALANTE, 2018).

Além disso, ele foi desenvolvido no Instituto de Pesquisa da Marinha (IPqM). A empresa Omnisys realizará a parte da industrialização e fabricação do sensor (OMNISYS, 2023).

O sensor apresenta vantagens tecnológicas em relação ao MK1, como maior faixa de frequência de operação, interface homem máquina otimizada, entre outras. Um dos fatores principais quando se trata de vantagens do uso do *Defensor* MK3 é o fato de que ele é de produção nacional, sendo assim se tem o domínio sobre sua tecnologia, tornando mais viável a execução de atualizações, impedindo sua obsolescência, e ele não gera dependência de empresas estrangeiras (MARINS et al., 2023).

O CENÁRIO ATUAL DOS CONFLITOS ARMADOS

Observando os últimos conflitos armados ocorridos no mundo, podem ser obtidos parâmetros dos níveis tecnológicos e das práticas utilizadas na guerra contemporânea, sendo possível analisar e contextualizar as capacidades das FCT nesse cenário.

Os conflitos do século XXI no geral contam com a presença de novos fatores exercendo grande influência em seu andamento. Um exemplo é o aumento da influência do fator cultural, com as tecnologias midiáticas atuando como vetores de informações acessíveis a todos, de forma que qualquer pessoa pode produzir ou acessar conteúdo. Não se tem mais a limitação a apenas o que é produzido pela imprensa e os conteúdos compartilhados a partir de indivíduos também têm o poder de influenciar a opinião pública e, como consequência, o decorrer de uma guerra (STRACHAN, 2019).

A não utilização do total poderio de combate é também uma das características recorrentes nos conflitos atuais. Ela é observada principalmente nos conflitos que envolvem as potências militares, pois elas dispõem dos maiores e mais poderosos arsenais, cujos efeitos do uso indevido e desproporcional podem ser catastróficos. Há, além da restrição ao uso das armas nucleares, os maiores exemplares do caso, a preferência por não usar as artilharias pesadas, por exemplo (STRACHAN, 2019).

Além disso, também ocorreram, como herança da Guerra Fria, novas práticas, de certa forma peculiares, presentes em alguns conflitos. Nas guerras do Vietnã e do Afeganistão, que envolveram os Estados Unidos da América (EUA) e ocorreram na segunda metade do século XX e no início do século XXI, respectivamente, há uma gama de Táticas, Técnicas e Procedimentos (TTP), envolvendo fatores como insurgências e guerrilhas. Essas práticas eram os primórdios de um perfil novo de guerra que surgia com esses eventos. Elas estão ligadas aos conceitos dos conflitos Híbrido, Irregular e Assimétrico (CABRITA, 2023).

Ainda no início do século XXI, também houve o atentado às torres gêmeas e ao Pentágono de 11 de setembro, que foi o ponto de mudança em relação à interpretação dessa nova face dos conflitos. É possível conferir isso no trecho a seguir:

O século XXI começa com um enorme desafio humano, com um evento bastante impactante, os atentados terroristas perpetrados contra os EUA em 11 de setembro de 2001. Este episódio, uma espécie de marco para o início do século além de uma ação de guerra, trouxe à tona uma nova forma de fazer guerra. Dessa forma, no mundo pós-11 de setembro, dá-se início a uma típica guerra do século XXI, caracterizada pela incerteza entre as forças em confronto (CABRITA, 2023 p.241).

No mesmo artigo, é dito por Cabrita (2023) que nos tempos atuais, apesar das novas características, outra peculiaridade do século é que gerações, formas e tipos de guerras provenientes de diferentes tempos estão coexistindo. Dessa forma, há maneiras diversificadas de realizar o engajamento de um inimigo.

Analisando um dos reflexos da ocorrência das múltiplas formas de guerra no ambiente marítimo, ocorreu um icônico caso de guerra híbrida, a partir de um ato de terrorismo contra um navio da marinha dos EUA, o *USS Cole*, já mencionado anteriormente neste artigo. A guerra híbrida é caracterizada pelo uso combinado de meios convencionais e não convencionais (ou regulares e irregulares). Os meios convencionais são as forças regulares dos estados, os não convencionais envolvem práticas como terrorismo, contraterrorismo, contrainsurgência, entre outras. Além disso, são classificados também como meios não convencionais as ações de guerra no ciberespaço e a criminalidade. A guerra híbrida tem se mostrado recorrente nos conflitos contemporâneos, estando os adversários dispostos a usar todas as formas de estratégias e táticas, podendo ser de forma simultânea, tornando uma tarefa mais complexa a identificação delas (BALTAZAR, 2017).

Baltazar (2017) também aborda o fato de que a guerra híbrida foi sendo aprimorada com o tempo e houve relatos de um ataque ocorrido na península do Sinai em 2015, nas proximidades da costa de Israel, por parte de tropas irregulares pertencentes ao grupo armado denominado Estado Islâmico, no qual o alvo foi um navio da Marinha do Egito.



Figura 13. Diagrama sobre o conceito de Guerra Híbrida

Fonte: *Hybrid Warfare (United States Government Accountability Office (GAO); Hybrid Warfare Briefing to the Subcommittee on Terrorism, Unconventional Threats and Capabilities, Committee on Armed Services, House of Representatives, 10 set. 2010. Disponível em <https://www.gao.gov/assets/100/97053.pdf>*.

A ação se deu efetuando o uso de mísseis, que são armas de difícil acesso e demandam um nível elevado de capacitação. Sendo assim, um ataque surpreendente em relação a seu grau de sofisticação, tendo partido de tropas irregulares, reforçando a ideia de que a multiplicidade de facetas que as ameaças contemporâneas são capazes de assumir, é um aspecto preocupante (BALTAZAR, 2017).

Outro fator que demonstra exercer uma forte influência no perfil de guerra do século XXI é a presença de veículos aéreos não tripulados (VANT), aeronaves remotamente pilotadas (ARP) e aeronaves autônomas, denominados genericamente de drones. Inicialmente esses equipamentos não tinham tantos recursos e sua atuação era mais limitada. Atualmente, já contam com sensores modernos e armamentos, podendo subsidiar uma operação com informações além de poderem realizar ataques. São mais baratos que as aeronaves tripuladas e seu uso não inclui o risco de perda de pessoal qualificado, se mostrando assim como armas de guerra que dispõem de grande potencial (BRAGA, 2019).

Em um dos conflitos armados mais recentes, a Guerra entre a Rússia e a Ucrânia, segundo Reis (2022), o maior ocorrido em território europeu desde a Segunda Guerra

Mundial e um emblemático exemplar de guerra do século XXI, tanto a guerra híbrida quanto o uso de drones se mostram fortemente presentes (BRAGA, 2019).

Frente à situação de conflito com a Rússia e à situação econômica desfavorável, a Ucrânia criou o projeto *Aerozvidka* com a finalidade de compensar a falta de drones, no qual é feito o uso de capital privado para a aquisição deles. Assim como foram incorporados em uma guerra entre nações, também estão sendo usados por grupos armados não governamentais como Hezbollah, Hamas e Estado Islâmico desde 2004, para realizar operações de espionagem ou ataques terroristas (HAMBLING, 2018).

Ainda no contexto da guerra da Ucrânia, os meios convencionais também continuam sendo amplamente utilizados e desenvolvidos. Dentre eles, se destacam além dos mísseis de cruzeiro e balísticos, os foguetes termobáricos, que são lançados a partir da plataforma TOS-1, uma das armas mais poderosas que não envolvem ogivas nucleares disponíveis no arsenal russo (GIELOW, 2022).

Os VANT apresentam como vantagens também o acréscimo de capacidades em ambiente aquático e terrestre e o aumento da efetividade de suas ações proporcional aos desenvolvimentos tecnológicos que ocorrem rapidamente nessa área. As FCT apresentarão módulos destinados ao armazenamento de drones e já existe a ideia formada de um Centro de Operações Portátil, que seria integrado ao sistema de combate das fragatas, garantindo assim uma infraestrutura mais adequada para que o navio trabalhe com esse tipo de tecnologia (BOREL, 2023).

Tendo em vista o perfil de guerra comum na atualidade, no qual se tem uma grande diversidade de práticas e métodos, é necessário que existam meios de combate que se adaptem ao máximo aos perfis de combate existentes. No contexto da guerra no mar, isso se traduz na capacidade de combater tanto outros meios navais e aeronavais e demais artifícios da guerra convencional quanto as novas formas de ameaça.

CONCLUSÃO

O Brasil dispõe de um vasto e rico mar, cuja importância para a economia pode ser considerada fundamental. Isso naturalmente exige a capacidade de exercer de forma adequada a soberania sobre essas

águas. Apesar de o país apresentar um posicionamento de não envolvimento direto nos últimos conflitos internacionais ocorridos, a capacidade de realizar a dissuasão e exercer o seu poder naval nos diversos tipos de ambientes nele presentes deve ser indispensavelmente construída.

O esgotamento de recursos, sendo eles minerais, hídricos, entre outros, é um tema que tem adquirido cada vez mais espaço nas pautas internacionais. Esse esgotamento e o acréscimo das tensões geopolíticas decorrentes de conflitos e da instabilidade inerente ao século atual são fatores que reforçam a necessidade de se ter meios adequados e atualizados para garantir a defesa da Amazônia Azul.

A construção das FCT, segundo os fatores apresentados no decorrer deste estudo, se mostra benéfica ao Brasil não só na esfera estratégica, conferindo maior capacidade de defender os interesses nacionais, mas também na econômica e tecnológica, pelo fato de contar com maior participação de infraestrutura nacional no processo, fomentando a criação de mão de obra qualificada e fortalecendo a BID.

Além das melhorias em relação às comparações tecnológicas pontuais e em relação ao desgaste dos materiais dos navios-escolta antecessores, de forma geral, os equipamentos que serão empregados nos novos meios navais são modelos mais atualizados e condizentes com o nível das tecnologias empregadas nos meios disponíveis atualmente.

Quantos às capacidades de combate das novas fragatas, é possível afirmar que os equipamentos que estão previstos para compor seus sistemas de armas de fato representam um avanço e tendem a apresentar melhores condições de fazer frente às ameaças que podem vir a surgir, tendo como base para tal observação as características que puderam ser vistas nos últimos conflitos ocorridos no mundo. Além disso, um bom indicador de desempenho e conformidade do meio com o cenário atual é a alta demanda pela Classe *MEKO* por diversos países.

É importante ter em mente que o programa de construção das FCT é a parte de um projeto maior, não é em si a solução para todas as questões a serem resolvidas, mas sim um passo consistente adiante. Assim como no âmbito das ameaças externas se tem a constante mudança e evolução, as tecnologias de defesa também devem procurar acompanhá-las, man-

tendo-se sempre atualizadas. Sendo assim, é possível inferir que o programa cumpre sua proposta e atende às necessidades da Marinha do Brasil na função para a qual é destinado, representando um avanço para os meios de escolta da nossa força naval.

Além das expectativas acerca das fragatas por si só, existem as relacionadas à capacidade de operar com os equipamentos inovadores nacionais, como a possibilidade de operar com os VANT que estão em desenvolvimento ou do lançamento do míssil MANSUP. Ambos também representariam marcos significativos para a autossuficiência da Indústria Bélica Nacional.

REFERÊNCIAS

- ATLAS ELETRONIK. Atlas eletronic, 2023. ASO. Disponível em: <https://www.atlas-elektronik.com/solutions/anti-submarine-systems/aso.html>. Acesso em: 23 de jul. de 2023.
- BALTAZAR, Carolina Sofia Bento. **Guerra Híbrida em Ambiente Marítimo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares Navais, especialidade de Marinha) – Escola Naval, Afeite, 2017.
- BARRETO, Sandro Pinto. **Corveta barroso e fragata classe Tamandaré: semelhanças e diferenças entre os processos de obtenção**. 2021. Dissertação (Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021.
- BOREL, Filipe Barra. Os Módulos De Missão Possibilidades De Emprego Nas Fragatas Classe “Tamandaré”. *Revista Passadiço*. Rio de Janeiro, v. 43, p. 25-26, 2023.
- BRAGA, C. C. A ação de drones na guerra naval. *Revista Marítima Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 139, p. 79-109, abril/junho 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa Nacional. **Estratégia nacional de defesa**. 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>. Acesso em: 05 de jun. de 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Marinha do Brasil. Estado Maior da Armada, Brasília – DF: 2020b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. SH-16 – Seahawk. 2023. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/meios-navais/sh-16-seahawk>. Acesso em: 28 de out. de 2023

CABRITA, L.B. Conflitos do século XXI, tendências e incertezas. *Revista Marítima Brasileira*. Rio de Janeiro, v. 143, p. 231-247, janeiro/março 2023.

Classe Tamandaré: Planejamento alocou 2,5 bilhões de Reais em março para capitalização da Emgepron. *Portos e Navios*, 2018. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/ind-naval-e-offshore/classe-tamandare-planejamento-alocou-r-2-5-bilhoes-de-reais-em-marco-para-capitalizacao-da-emgepron>. Acesso em: 31 de out de 2023.

DELGADO, Luis Carlos. **Base industrial de defesa: análise da capacidade tecnológica das empresas nacionais do setor de defesa com vistas à demanda de sistemas navais a serem instalados na nova classe de corvetas da Marinha do Brasil**. 2017. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2017.

DE MARTINI, Fernando. MANSUP: saiba mais sobre a fase atual e o futuro do míssil antinavio nacional. *Poder Naval*, 2022. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2022/07/11/mansup-saiba-mais-sobre-a-fase-atual-e-o-futuro-do-missil-antinavio-nacional/>. Acesso em: 07 de mar de 2024.

FN HERSTAL. FN Herstal. Sea defnder. 2023. Disponível em: <https://fnherstal.com/en/defence/integrated-weapon-systems/sea-defnder/>. Acesso em: 20 de mar. de 2023.

FORÇAS DE DEFESA. Alça eletroóptica Paseo XLR da Safran escolhida para as novas fragatas do Brasil. *Poder Naval*, 2021. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2021/06/24/alca-eletooptica-paseo-xlr-da-safran-escolhida-para-as-novas-fragatas-do-brasil/>. Acesso em: 28 out. de 2023.

FORÇAS DE DEFESA. Cerimônia do Batimento de Quilha da Fragata Tamandaré será realizada no dia 24 de março. *Poder Naval*, 2023. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2023/03/13/cerimonia-do-batimento-de-quilha-da-fragata-tamandare-sera-realizada-no-dia-24-de-marco>. Acesso em: 08 de jun. de 2023.

GALANTE, Alexandre. Fragatas Tamandaré: Brasil compra quatro canhões de 76 mm da Leonardo. *Poder Naval*, 2020. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2020/09/21/fragatas-tamandare-brasil-compra-quatro-canhoes-de-76-mm-da-leonardo/>. Acesso em: 17 de fev. de 2023.

GALANTE, Alexandre. Finalmente, a corveta Barroso. *Poder Naval*, 2008. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2008/08/19/finalmente-a-barroso/>. Acesso em: 17 de fev. de 2023.

GALANTE, Alexandre. Jane's: NDM Bahia receberá MAGE Defensor Mk3. *Poder Naval*, 2018. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2018/12/19/janes-ndm-bahia-recebera-mage-defensor-mk3/>. Acesso em: 15 de jul. de 2023.

GIELOW, Igor. Conheça as armas usadas por Rússia e Ucrânia na guerra. *Folha UOL*. 2 mar. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2022/03/conhecacas-armas-usadas-por-russia-e-ucrania-na-guerra.shtml>. Acesso em: 28 de jun. de 2022.

HAMBLING, David. **Swarm Troopers: como os pequenos drones irão conquistar o mundo**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2018. 376 p.: il.; cap 10 – (Biblioteca do Exército; 956. Coleção General Benício; v. 548).

HENSOLDT. Hensoldt detect and protect, 2023. TRS-4D Rotator. Disponível em: <https://www.hensoldt.net/products/radar-iff-and-datalink/trs-4d-rotator/>. Acesso em: 18 de jul de 2023.

MAIA, Paulo. Classe Tamandaré: uma análise completa. *Revista Tecnologia & Defesa*. edição nº 151, jun. 2018. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/corveta-classe-tamandare-uma-analise-completa-por-paulo-maia/>. Acesso em: 05 de jun. de 2022.

MARINS, Felipe Araujo; SIU, Marcos Chi Lim; ANDRADE, Filipe de Oliveira. Desenvolvimento do Mage Defensor Mk3. *Revista Passadiço*. Rio de Janeiro, v. 43, p. 48-53, 2023.

MBDA. MBDA. Sea ceptor. 2023. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/product/sea-ceptor/>. Acesso em: 20 de mar. de 2023.

MOURA, José Augusto Abreu de. **A estratégia naval brasileira no pós-Guerra Fria: Uma Análise Comparativa com Foco em Submarinos**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Política, Área de Estudos Estratégicos) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

OMNISYS: Uma Empresa Thales. Omnisys: Tecnologia a serviço do Brasil, 2022. Imprensa. Disponível em: <https://www.omnisys.com.br/node/121>. Acesso em: 28 de out. de 2023

PADILHA, Luis. SEA fornecerá o sistema lançador de torpedo para Fragata Tamandaré. Defesa Aérea & Naval, 2021. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/naval/sea-fornecera-o-sistema-lancador-de-torpedo-para-fragata-tamandare>. Acesso em: 19 de abr. de 2023.

RAMOS, Wanderson Moraes. **As compras por oportunidade na Marinha do Brasil: uma visão sobre a ótica dos avanços da gestão do ciclo de vida.** 2020. Dissertação (Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2020.

REIS, Bruno Cardoso. Da invasão de Putin a uma revolução estratégica. IDN brief, Lisboa, p. 2-3, março 2022. Disponível em: <https://www.idn.gov.pt/publicacoes/idnbrief/Paginas/IDN-Brief-marco-2022.aspx>. Acesso em: 28 de out. de 2023.

REZENDE, Pedro Paulo. DNA Naval e Inovação. DefesaNet, 2022. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/44279/dna-naval-e-inovacao/>. Acesso em: 18 de fev. de 2023.

SAFRAN. Safran, PASEO XLR- Extra long-range naval optronic identification & fire control system. 2023. Disponível em: <https://www.safran-group.com/products-services/paseo-xlr-extra-long-range-naval-optronic-identification-fire-control-system>. Acesso em: 27 de abr. de 2023.

STRACHAN, Hew. **A condução da guerra: Estratégia contemporânea na perspectiva histórica** / Hew Strachan. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2019. 384 p.; il.; cap.9 – (Biblioteca do Exército; 971. Coleção General Benício; v.557).

TERMA. Terma. C-guard decoy launching system. Disponível em: <https://www.terma.com/products/maritime/c-guard/>. Acesso em: 20 de abr. de 2023.

THALES. Thales: Building a future we can all trust. STIR – Tracking and illumination radar. Disponível em: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/defence-and-security/naval-forces/above-water-warfare/stir-tracking-and-illumination-radar>. Acesso em: 23 de abr. de 2023.

Thyssenkrupp, Embraer e Atech assinam o contrato de construção dos Navios Classe Tamandaré da Marinha do Brasil. Águas Azuis, 2020. Disponível em: <https://aguasazuis.com.br/thyssenkrupp-embraer-e-atech-assinam-o-contrato-de-construcao-dos-navios-classe-tamandare-da-marinha-do-brasil/>. Acesso em: 13 de jun. de 2022.

THYSSENKRUPP. Thyssenkrupp: Engineering. Tomorrow. Together. Estaleiro Oceana agora é Estaleiro Brasil Sul, 2021. Disponível em: <https://www.thyssenkrupp-brazil.com/noticias/press-releases/press-detail/estaleiro-oceana-agora-e-estaleiro-brasil-sul-95767>. Acesso em: 05 de jul. de 2022.

VALPOLINI, Paolo. Rheinmetall: SeaSnake close to production. European Defence Review, 2020. Disponível em: <https://www.edrmagazine.eu/rheinmetall-seasnake-close-to-production>. Acesso em: 17 de fev. de 2023.

WIESEBRON, Marianne. **Amazônia Azul: Pensando a defesa do território marítimo brasileiro.** Austral: Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais, v. 2, n. 3, Jan-Jul 2013, p. 107-131. Julho, 2013.

WILTGEN, Guilherme. Equipe da TKMS conheceu o Seahawk para análise do sistema de hangaragem da Fragata Tamandaré. Defesa Aérea & Naval, 2022. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/aviacao/equipe-da-tkms-conheceu-o-seahawk-para-analise-do-sistema-de-hangaragem-na-fragata-tamandare>. Acesso em: 28 de out. de 2023.

DESVENDANDO A ETRÚRIA

Capitão de Mar e Guerra (Ref.)

William Carmo Cesar¹

UMA VISITA À TARQUÍNIA

Tenho a Itália na alma. Meu avô materno, nascido em 1878 em San Giovanni a Piro, na região da Campania, ao migrar para o Brasil em 1898, trouxe daquela histórica e charmosa península mediterrânea parte de minhas raízes profundas.

Em 1976, tive a satisfação de visitá-la pela primeira vez a bordo do Navio-Escola “Custódio de Mello”, quando fizemos escala em Civitavecchia, o Porto de Roma. Dessa pequena e histórica cidade, podemos nos dirigir com facilidade até a capital italiana, em curta viagem de trem de cerca de uma hora e meia. Tive, então, a oportunidade de conhecer a beleza e o esplendor da Cidade Eterna e também do Vaticano, privilégio que se repetiu no ano seguinte, levado pelo mesmo navio. Uma visita esplêndida e imperdível!

Passadas três décadas, em 2006 voltei a viajar para a Itália, a bordo de um novo navio-escola de nossa Marinha, o *NE Brasil*. Entretanto, desta vez, na contramão da maioria dos companheiros de bordo, resolvi embarcar no mesmo trem, mas para viajar em sentido contrário ao da capital, para o norte, rumo a Tarquínia, distante cerca de 20 km de Civitavecchia.

Que motivos me levaram a visitar aquela pequena cidade, com menos de vinte mil habitantes, pouco conhecida dos brasileiros?

Meu irmão mais velho fora pracinha da Força Aérea, lotado no 1º Grupo de Aviação de Caça, GAC, o famoso “Senta a Pua”. Logo após a chegada do grupo

ao porto de Livorno, em outubro de 1944, o GAC foi conduzido de trem até Tarquínia, onde fora instalada a primeira base do “Senta a Pua” na Itália, rudimentar, com barracas de lona levantadas pelos próprios pracinhas da FAB. A minha curiosidade sobre esta cidade nasceu aí, ancorada nas histórias que ouvia do meu irmão sobre suas andanças na terra do nosso avô, nos tempos da Segunda Guerra Mundial.

Com o pensamento voltado para aquela base aérea, desembarquei na estação de Tarquínia. Dali um ônibus me levou até a entrada da cidade, onde um grande portão de ferro dava acesso ao seu interior. Como era de se esperar, nenhum vestígio daquela nossa improvisada base.

Mas a visita não foi em vão, pois acabei brindado com um tesouro histórico valioso: a Tarquínia Antiga. Para quem não sabe, ela fazia parte da Etrúria, uma confederação um tanto dispersa formada por cidades habitadas pelos etruscos, povo pré-romano que ocupou parte da península itálica.



Figura 1. Torre da Fortaleza de Michelangelo junto ao cais, em Civitavecchia

Fonte: o autor.

¹ Instrutor e coordenador de História Naval (HNV) na EN durante o período de 1998 a 2019 e autor dos livros *Uma História das Guerras Navais, o desenvolvimento tecnológico das belonaves e o emprego do poder naval ao longo dos tempos* e *A Terra é azul e redonda*. Doutor em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval (EGN).

Logo no início da visita, ao percorrer as ruas da cidade, um belo prédio chamou-me atenção. Era o Palazzo Vitelleschi, construído na primeira metade do século XV e que, em 1924, fora transformado na sede do *Museo Archeologico Nazionale di Tarquinia*, detentor de um riquíssimo acervo de peças etruscas.

A satisfação com aquela “descoberta” fora imensa, e visitar aquele museu, bem como a histórica Tarquínia, acabou por despertar-me um desejo maior do que a própria motivação original de procurar vestígios da nossa base aérea: conhecer a história daqueles antigos habitantes, os etruscos, e sua interação com o povo mais famoso da península italiana, os romanos.

Voltei daquela notável e saudosa viagem com muitas dúvidas históricas acerca daquele povo pré-romano e motivação para aprender um pouco mais sobre a Itália Antiga.

O POVO ETRUSCO

Reestudar a Antiguidade me fez lembrar os saudosos tempos de aluno do Ginásio Bom Jardim e as instigantes aulas de História Geral, quando nos foram apresentados os poderosos impérios e as grandes civilizações daquela época. Logo me vieram à memória: Egito, Babilônia, Pérsia, Grécia, Roma, além de Suméria, Assíria, Caldéia, Fenícia, Cartago, civilizações menores mas não menos importantes. E a Etrúria!?... Uma lástima, pois sobre ela quase ou nada estudávamos. Mas, afinal, o que foi a Etrúria?



Figura 2. NE Brasil atracado em Civitavecchia
Fonte: o autor.



Figura 3. Vista do Centro (Rua Vittorio Emanuele), em Tarquínia

Fonte: o autor.



Figura 4. Palazzo Comunale (Prefeitura), em Tarquínia

Fonte: o autor.



Figura 5. Museo Nazionale (Palazzo Vitelleschi), em Tarquínia

Fonte: o autor.

Para entendermos a Etrúria, precisamos conhecer o seu povo. Eles ocuparam a parte central da península italiana, a partir do final do século IX a.C. e o início do seguinte, fixando-se na região da Toscana de hoje, de onde se expandiram para outras áreas.

A sua origem até hoje não está identificada plenamente, sendo uma das hipóteses a de que vieram da Lídia, na Anatólia ou Ásia Menor, parte da Turquia Asiática de hoje. Diz a lenda, segundo o historiador grego Heródoto, que Tirreno, filho do rei da Lídia, devido a uma fome catastrófica ocorrida naquela região, teve que abandoná-la com parte de sua população. Em sua retirada da Ásia Menor, os lídios teriam rumado para o Ocidente e chegado, por volta do século VIII a.C., à Úmbria, região vizinha à Toscana, ocasião em que os migrantes mudaram o seu próprio nome para Tirreno, em homenagem ao líder e guia naquela jornada.

É oportuno destacar que aquele povo antigo da Etrúria, que se autodenominava *Rasenna* ou *Rasna*, foi chamado de *Tirreno* pelos Gregos, nome que também se estendeu ao segmento do Mediterrâneo situado entre o litoral oeste da Itália e as ilhas da Córsega, Sardenha e Sicília, que hoje conhecemos como Mar Tirreno.

Uma outra linha de estudo defende ligação dos etruscos com o povo de Villanova, uma sociedade que floresceu na região norte da península, por volta dos 1.000 a.C. nas proximidades da cidade de Bolonha, a pioneira na cultura da Idade do Ferro na região.

De onde vem, então, a denominação Etrúria?

Ela tem origem no nome dado àquele povo antigo pelos Romanos, *Etrusci*, que nós conhecemos como Etruscos.

A ETRÚRIA

A Etrúria foi formada pelas cidades etruscas, autônomas e livres dirigidas por um governante denominado *Lucumon*. Politicamente ela constituía uma federação, que incluía originalmente doze cidades: Tarquínia, Caere (Cerveteri), Vulci, Veios, Vetulonia, Volsinii (Orvieto), Clúsio (Chiusi), Perugia (Perugia), Ruselas, Cortona, Volterra e Arezzo.

Tarquínia, ou *Tarchuna* para os etruscos, foi a cidade mais antiga da Etrúria e tem uma origem também lendária, pois teria sido fundada por Tarconte,

irmão do lídio Tirreno que migrou com seu povo para a península (Maso e Vighi, 1975, p.22).

Graças à sua localização central, mas próxima do litoral Tirreno, e também às minas cujos minérios de ferro e cobre ela explorava e comercializava com os gregos e fenícios do Mediterrâneo Oriental, ela prosperou e foi a primeira a liderar a Federação.

Foi a partir de Tarquínia que os etruscos foram se expandindo através da península italiana, onde fundaram várias outras cidades, não apenas junto ao litoral do Tirreno como também no interior. No início do século VII a.C., o território etrusco abrangia uma grande área geográfica compreendida entre a cadeia dos Apeninos ao norte e a leste, o mar Tirreno a oeste, e o rio Tibre, ao sul. No século seguinte, com o litoral do Tirreno dominado da foz do Arno à boca do Tibre, eles estenderam suas conquistas para o sul, alcançando a Campania e o Lácio, onde ocuparam aldeias do monte Palatino e conquistaram Roma. Em seu expansionismo ao longo da península, os etruscos ainda avançaram para o norte, até a planície do rio Pó, e para o leste até o litoral do Adriático.

Construída em 753 a.C. junto ao Tibre, a partir da cidade de Alba Longa ou fundada pelos descendentes do troiano Enéias, Rômulo e Remo, como diz a lenda, Roma chegou a ser governada por três reis etruscos, *Lucius Tarquinius Priscus*, que reinou cerca de 616 a 579 a.C., *Servius Tullius*, de c. 578 a 535 a.C., e *Lucius Tarquinius Superbus*, de 535 a 509 a.C., quando Roma adotou a República.

Na época dos etruscos, a península italiana também era habitada por outros povos independentes, entre os quais destacamos os oscos, os úmbrios, os samnitas, além dos sabinos e latinos, estes no Lácio, próximo a Roma.

TIRRENO, UM MAR ETRUSCO

Os etruscos foram grandes mercadores e competentes marinheiros, que estabeleceram uma verdadeira malha de navegação no mar Tirreno, onde dispunham de bons portos e exerceram o domínio do litoral da península, da foz do Arno ao Tibre. Modelos e gravuras de embarcações evidenciam as atividades marinheiras dos etruscos que teriam sido os pioneiros na construção de embarcações com dois mastros (Paine, 2015, p.111).

Com a colonização cartaginesa das ilhas da Córsega e da Sardenha, e grega de Cumas, na Campania, e da Magna Grécia no extremo sul da península e na Sicília, navios daqueles povos passaram a frequentar o “Mar Etrusco” e dividir a navegação comercial inicialmente de modo pacífico. Após a fundação, pelos gregos, da cidade de Marselha (c. 600 a.C.) no litoral da França e de Alalia (562 a.C.) na Córsega, a liberdade de navegação e o comércio marítimo dos etruscos e cartagineses ficou ameaçada, o que redundou em uma aliança estratégica entre ambos para conter a expansão dos gregos na região.

A disputa pelo controle das águas do Mediterrâneo Ocidental envolvendo aquelas três principais potências navais do seu tempo resultou, em 540 a.C., na batalha naval de Alalia, entre a força naval etrusco-cartaginesa, em inédita aliança contra os navios gregos. A vitória interrompeu o avanço grego para o Mediterrâneo Ocidental, que se tornou área de comércio dos Cartagineses enquanto os etruscos ficaram restringidos ao comércio litorâneo (Pemsel, 1979, p.15).

Mas enquanto os séculos VII e VI a.C. foram séculos auspiciosos para os etruscos, com o aumento de cidades e crescimento da Etrúria, os seguintes vão lhes trazer problemas tanto no mar como em terra.

CONFLITOS COM ROMA

Em 509 a.C. o último dos reis etruscos de Roma, Tarquinio o Soberbo, foi destituído, e a República Romana proclamada. Teve início, a partir de então, um período de lutas dos romanos contra os demais povos da península, inclusive os etruscos que, em 499 a.C., se aliaram aos latinos e foram derrotados pelos romanos na batalha do Lago Regillus.

No mar, as tentativas etruscas de avançar para o sul foram barradas em 474 a.C., quando ao largo de Cumas, colônia grega próxima a Nápoles na Campania, forças gregas impuseram derrota que abalou o poder naval etrusco e contribuiu para o início do seu declínio.

Em terra, a Etrúria aos poucos foi caindo em mãos dos romanos, assim como os demais povos da península. Cidades etruscas gradativamente foram se rendendo, como as importantes Veii em 396 a.C., Tarquínia em 308 a.C. e Volterra em 295 a.C. Por volta dos 280 a.C., Roma dominava a Etrúria, a Úmbria e a Campania.



Figura 6. Mapa da Etrúria

Fonte: Revista Geográfica Universal, Junho/75.

Após o início da República, os romanos também vão expandir suas conquistas para o sul, vencendo os gregos da Magna Grécia e, para além, ocupando Cartago e as ilhas Sicília, Córsega e Sardenha. Mais adiante Roma ocupa territórios na península ibérica espanhola e na Gália, obra do exército de Júlio Cesar. Iniciava-se desse modo o que seria o Grande Império Romano, que se estenderia do *Mare Nostrum*, o Mediterrâneo Romano, às Ilhas Britânicas.

A ETRÚRIA ESQUECIDA

A hegemonia etrusca na península durou cerca de 700 anos. Nestes sete séculos a Etrúria, a partir de Tarquínia, ampliou seu vasto território estendendo-o da Toscana à Úmbria e ao Lácio, dominou o litoral peninsular do Arno ao Tibre e usou o Mar Tirreno como importante via marítima para seu comércio com gregos, fenícios e cartagineses do Mediterrâneo Oriental. Teve períodos de convivência pacífica, mas também de conflito com seus vizinhos peninsulares e com outros povos do Mediterrâneo Oriental.

Com a ocupação Romana da península Itálica e o fim da Etrúria, esta importante civilização des-

vaneceu e toda a sua história por um bom tempo ficou esquecida.

A redescoberta da civilização etrusca vai ocorrer no Renascimento, entre os séculos XV e XVI de nossa era, quando coleções de antiguidades, inclusive objetos etruscos, começaram a ser acumuladas, especialmente na Toscana, então governada pelos Medici. Em 1723, foi publicado um primeiro trabalho sobre os etruscos, “De Etruria Regali” obra do escocês Thomas Dempster dedicada aos Medici (Angelis, 2016, p. 89 e 90), mas foi a partir do século XIX que o interesse pela antiguidade etrusca se desenvolveu.

A propósito, durante as guerras napoleônicas, voltou a existir, na região da Toscana, um Reino da Etrúria, Estado criado em 1801 por Napoleão Bonaparte, com capital em Florença, que em 1807 foi dissolvido e anexado ao Império Francês.

O PATRIMÔNIO ARTÍSTICO DA ETRÚRIA

Diferente das Pirâmides egípcias, da Acrópole de Atenas e do Coliseu romano, além de outras imponentes estruturas arquitetônicas antigas conhecidas e bem visíveis, as principais relíquias patrimoniais da Etrúria não se revelaram em construções monumentais, mas em quase recônditas tumbas descobertas em necrópoles espalhadas por suas cidades.

Como descreveu Aquino, “a cultura, arte e costumes da civilização etrusca veio até nós através de sua arte tumular” sendo a “tumba o resumo figurativo e realista da vida da nação etrusca onde moram os mortos cercados de tudo que lhes possa ser necessário no além” (Aquino, 1975, p. 39 e 53).

De fato, as tumbas etruscas revelaram ao mundo belos e coloridos afrescos iconográficos retratando cenas do cotidiano e mitológicas, vasos imitando cerâmica grega, estátuas em terracota, estatuetas em bronze, joias de ouro, objetos decorativos diversos, além de urnas crematórias e sarcófagos ornados com estátuas mortuárias... Uma riqueza cultural inimaginável!

Não foi à toa que a “descoberta” de Tarquínia e seu Museu me exerceu tamanho fascínio e me fez explorar essa civilização tão profunda e enigmática quanto cativante e misteriosa, cuja origem e história guardam ainda muito a ser desvendado.

É oportuno registrar que uma das maiores dificuldades para entender a Etrúria reside na escassez de textos em sua língua nativa, cuja escrita até hoje não foi totalmente compreendida pelos especialistas. Por essa razão, a arqueologia, as tumbas e os objetos nelas encontrados são tão importantes e valiosos para a revelação do enigma Etrúria.

Para concluir, o interessante e belo acervo artístico e cultural etrusco não se resume ao existente no Museu ou na Necrópole de Tarquínia. Ele pode também ser visto em várias outras coleções de peças etruscas existentes na Itália, entre os quais ressaltamos os seguintes museus:

- Archeologico Nazionale e Necropoli Montezori, em Tarquínia;
- Nazionale Cerveteri e Necropoli, em Cerveteri;
- Nazionale Etrusco, em Villa Giulia, Roma;
- Etrusco, do Vaticano;
- Archeologico, de Florença.
- Dell’Accademia Etrusca, em Cortona;
- Nazionale Etrusco, de Chiusi;
- Archeologico Etrusco, em Artimino;
- Archeologico Nazionale, dell’Umbria;
- Etrusco, de Pitigliani;
- Etrusco-Romano, de Todi; e
- Guarnacci, em Volterra.

Por certo existem peças etruscas dispersas em Museus fora da Itália, como o Britânico em Londres, o



Figura 6. Necrópole de Monterozzi (Pintura Tumba dos Leopardos), em Tarquínia

Fonte: Wikimedia.

Louvre em Paris e o Metropolitan em Nova Iorque. É só pagar para ver, pois vale a pena!

INFORMAÇÃO FINAL E BIBLIOGRAFIA

Este artigo é apenas uma breve síntese de minhas desprezíveis “descobertas” sobre essa esplêndida civilização que floresceu na terra do meu avô, há pouco mais de um milênio e meio. Obviamente há muito, ainda, a ser revelado sobre a Etrúria e seu admirável povo que, por cerca de 700 anos, teve uma proeminente participação na história da Itália Antiga.

Por essa razão, considere oportuno incluir na bibliografia não apenas os livros citados no texto, mas todos nos quais procurei desvendar o máximo sobre a Etrúria e também sobre a Roma Antiga. Espero que sejam úteis para orientar aqueles que quiserem se aprofundar neste fascinante mundo dos Etruscos e sua época.

REFERÊNCIAS

História de Roma e Etrúria:

- ANGELIS, David de (editor). *La Civiltà degli Etruschi*. E-book, 2016.
- AQUINO, Flávio de. O Legado dos Etruscos. *Revista Geográfica Universal*. Bloch Editores, junho 1975.
- FOX, Elio. *Roma – en la historia, en la fé, en la civilización*. Bellomi editore, 1975. 128p.
- HADAS, Moses. *Roma Imperial*. Biblioteca de História Universal Life. Rio: José Olympio, 1980, 190p.
- KINDERSLEY, Dorling. *Itália*. Guia Folha de São Paulo. São Paulo: Folha da Manhã, 2002.
- LAWRENCE, D. H. *Paesi etruschi*. Siena: Nuova Immagine Editrice, 2006. 180p.
- MASO, Leonardo B. Dal e VIGHI, Roberto. *Etruria Meridionale – Zone Archeologiche Del Lazio*. Firenze: BONECHI Edizioni Il Turismo, Revista 1975.
- MATYSZAK, Philip. *Os inimigos de Roma. De Aníbal a Atila, o Huno*. Barueri, SP: Manole, 2013.
- RIVER, Charles (editor). *The Etruscans: The History and Culture of the Ancient Italian Civilization that Preceded the Romans*. (Ebook). *s.d.*
- SARDELLI, Eleonora. *Etruschi. Storia di un popolo misterioso*. Milano, Italia: Giunti Editore, 2007.
- SMITH, Christopher. *The Etruscans: A very short introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- WEST, Doug. *The Seven Kings of Ancient Rome. A short introduction*. C&D Publications (Ebook), 2022.
- WOOLF, Greg. *Roma. A História de um Império*. São Paulo: Cultrix, 2017, 436p.

História Geral:

- ALBUQUERQUE, Antonio Luiz Porto e. *História Geral do Ocidente*. Rio: SDGM, 1985.
- BARRACLOUGH, Geoffrey (editor). *Atlas de história do mundo*. São Paulo: Empresa Folha da Manhã, 1995. 320p.
- BRAUDEL, Fernand. *Memórias do Mediterrâneo. Pré-história e Antiguidade*. Rio: Multinova, 2001. 395p.
- BURNS, Edwar MacNall. *História da civilização ocidental. Do homem das cavernas às naves espaciais*. (Vol.1). São Paulo: Ed. Globo, 1999.
- CAMINHA, João Carlos Gonçalves. *História Marítima*. Rio: BIBLIEX, 1980. 298p.
- CASSON, Lionel. *Ships and seamanship in the ancient world*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press, 1995. 470p.
- CIVITA, Victor. *Geografia Ilustrada, V-1 / Itália*. São Paulo: Abril Cultural, 1971
- HAMMOND, *Historical World Atlas*. Union, NJ: Hammond W.A. Corporation, 2003, revised.
- KINDER, Hemann e HILGEMANN, Werner. *Atlas Histórico Mundial, de los Origenes a la Revolución Francesa*. Madrid: Ediciones ISTIMO, 1983.
- PAINE, Lincoln. *The Sea and Civilization: A maritime history of the world*. New York: Vintage Books, 2015, 744p.
- PEMSEL, Helmut. *History of war at sea*. Annapolis, MD: Naval Institute Press, 1979. 176p.
- POTTER, E. B. & NIMITZ, Chester. *Sea Power: a naval history*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1961. 932p.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NAS ACADEMIAS MILITARES – DESAFIOS EM UM CENÁRIO DE TRANSFORMAÇÃO GLOBAL: BREVES CONSIDERAÇÕES

CMG RM1 (IM) Luís Odair Azevedo
Gomes Raymundo¹

INTRODUÇÃO

Muito se discute nos dias atuais o assunto “Ciência, Tecnologia e Inovação” (CT&I). Embora esteja longe de ser um tema de discussão contemporânea, pois o processo científico é intrínseco à história da humanidade, sua atual popularização tem razões de ser.

Em primeiro lugar, pela revolução trazida pelo mundo digital. O acesso ao conhecimento ficou aceleradamente mais fácil e rápido.

Em segundo lugar, pela dinâmica trazida pelo mundo “confesso capitalista”, advindo da queda do Muro de Berlim em 1989, ainda que não adentrando em discussões sobre sistemas econômicos comparados. Esse marco histórico trouxe outro dinamismo recorrente para a busca de novas soluções, a reboque da busca de novas formas de renda, algo que somente CT&I pode trazer.

Em terceiro lugar, pela onda que move seres humanos em processos de descobertas, e essa referência se faz quando se veem proliferados os eventos de *start-ups* em todo o mundo, as incubadoras nas universidades e convênios entre a iniciativa privada e centros acadêmicos, dentre tantas outras razões.

Em paralelo, a transformação global é uma realidade cada vez mais acelerada, não somente nos aspectos vinculados à CT&I, mas em uma miríade de comportamentos, atitudes e vontades políticas – que

mostram, inclusive, acirramento e polarizações poucas vezes identificados na História –, nas relações entre nações etc.

CT&I é intrínseca ao desenvolvimento da humanidade e é um tema em processo de expansão, acoplado a um cenário de profunda e célere transformação global. Por isso, vale traçar um paralelo com o ambiente de Defesa, que, naturalmente, não está alheio a esse processo, mas que nem sempre está no centro das discussões.

No que tange à Defesa, nada mais oportuno do que trazer à sua camada embrionária de formação, que são as academias militares – Escola Naval (EN), Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) e Academia da Força Aérea (AFA). Que aspectos importantes podem ser analisados, avaliados e pensados com relação à inserção dessas academias no conjunto CT&I? Essa é a especial questão desta pesquisa, sendo seu objetivo dimensionar as tratativas de CT&I nas academias militares.

Como simples exercício, a pesquisa do tema “CT&I nas Academias Militares” no “ChatGPT” (2023) confere a seguinte resposta:

A integração da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) nas academias militares é fundamental para o avanço das capacidades de defesa e segurança de um país. A CT&I desempenha um papel crucial na modernização das Forças

¹ Docente da Escola Naval. B.Sc., M.Sc., D.Sc.

Armadas, permitindo o desenvolvimento de equipamentos, táticas e estratégias mais eficazes. Aqui estão algumas maneiras como a ciência, tecnologia e inovação são incorporadas nas academias militares:

1. **Pesquisa e Desenvolvimento (P&D):** As academias militares muitas vezes conduzem pesquisas científicas e projetos de desenvolvimento tecnológico em áreas relevantes para a defesa nacional. Isso pode incluir o desenvolvimento de armamentos avançados, sistemas de comunicação seguros, tecnologias de sensoriamento, entre outros.
2. **Treinamento Avançado:** A CT&I também desempenha um papel na melhoria dos métodos de treinamento e simulação. Academias militares podem usar tecnologias de realidade virtual, simulações por computador e sistemas de treinamento inovadores para preparar os cadetes e oficiais para uma ampla gama de cenários.
3. **Segurança Cibernética:** Em um mundo cada vez mais digital, a segurança cibernética é de extrema importância para as forças armadas. As academias militares podem se concentrar no treinamento de especialistas em segurança cibernética e no desenvolvimento de estratégias para proteger infraestruturas críticas e informações sensíveis.
4. **Tecnologias de Inteligência e Vigilância:** O uso de drones, satélites e outras tecnologias de inteligência e vigilância é essencial para monitorar e responder a ameaças. As academias militares podem estar envolvidas no desenvolvimento e operação desses sistemas.
5. **Medicina e Saúde Militar:** A CT&I também desempenha um papel importante na área de medicina militar, incluindo o desenvolvimento de técnicas avançadas de tratamento médico em campo, próteses e equipamentos médicos especializados.
6. **Colaboração com Universidades e Centros de Pesquisa:** Muitas academias militares estabelecem parcerias com universidades e centros de pesquisa civis para aproveitar o conhecimento e a experiência disponíveis fora do ambiente militar.

7. **Desenvolvimento Sustentável e Eficiência Energética:** A inovação também pode se concentrar em tornar as operações militares mais sustentáveis e energeticamente eficientes, reduzindo a pegada ambiental das Forças Armadas.

8. **Transferência de Tecnologia para a Indústria:** As tecnologias desenvolvidas nas academias militares podem ser transferidas para a indústria, impulsionando a inovação e o crescimento econômico.

9. **Participação em Competições e Desafios Tecnológicos:** Academias militares frequentemente participam de competições e desafios tecnológicos, onde equipes de cadetes podem desenvolver soluções inovadoras para problemas específicos de defesa.

É importante que as academias militares estejam atualizadas com os avanços científicos e tecnológicos mais recentes para garantir que as Forças Armadas permaneçam eficazes, adaptáveis e prontas para enfrentar os desafios do século XXI. (grifo do autor)

A resposta do ChatGPT não é substantiva, de fato. A base de dados utilizada até aponta assuntos relacionados à defesa com correção, mas não consegue ir além disso. Porém, observando o último parágrafo, destacado anteriormente, as palavras parecem soar com perfeição ao tema tratado neste artigo. Por isso grifado.

Em outro breve exercício de pesquisa, ao se colocar o mesmo objeto de consulta na base do “Google Acadêmico”, aparece um bom trabalho de Rosa (2019), e apenas este. Interessante é que, fazendo a mesma pesquisa no “Google Scholar”, com a frase “Science, Technology and Innovation (STI) in Military Academies”, também não é encontrado um retorno robusto de respostas.

Naturalmente, são pesquisas breves. Entretanto, ajudam a esclarecer que o assunto é um objeto relativamente novo para discussão.

Para a argumentação, este artigo traz uma introdutória análise de CT&I, para uniformizar entendimentos; em seguida, demonstra, também de forma muito breve, alguns saltos históricos da relação entre a ciência e a humanidade; depois, alguns aspectos da atualidade da relação de CT&I com o ambiente de Defesa;

e, por fim, o possível enquadramento das academias militares nessa conjuntura.

SOBRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Prima facie, torna-se necessário apresentar os conceitos de CT&I, para que não haja controvérsia quanto ao tema central.

Ao se fazer uma adaptação do contido no Manual de Oslo (OECD/Eurostat 2018), publicado pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) e, portanto, uma referência para a uniformização de entendimentos, conceitua-se, para efeitos deste artigo, ciência, tecnologia e inovação da forma que se segue:

Ciência é o conjunto organizado de conhecimentos sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos através do estudo objetivo dos fenômenos empíricos. O entendimento chave aqui é a produção de conhecimento.

Tecnologia é o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos diretamente aplicáveis à produção ou à melhoria de bens ou serviços. O entendimento capital aqui é a aplicação do conhecimento obtido.

Inovação é a implementação de um novo ou significativamente melhorado produto (bem ou serviço), processo, método de *marketing* ou método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas. O entendimento central é a colocação em mercado, que representa o dia a dia das pessoas.

Em resumo, ciência trata-se de conhecimento, tecnologia trata-se uma aplicação associada a um conhecimento e inovação trata-se de levar essa tecnologia ao cotidiano da vida humana.

Apesar de comumente o tema CT&I ser tratado em conjunto, é importante distinguir as fases de cada segmento, todas importantes. Uma produção de conhecimento, por si só, não a diminui, caso não se chegue até o fechamento do ciclo, com a utilidade de mercado.

No setor público, a autoridade máxima em CT&I é o Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), que contempla em sua Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2022 (em vigor,

em 2023), entre outras. A área “Aeroespacial e Defesa” ali está colocada, para que sejam elaborados planos de ação subjacentes. O mote dessa área é o seguinte:

“promover a capacidade do País para, segundo conveniência e critérios próprios, utilizar os recursos e técnicas aeroespaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira, bem como fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de produtos e sistemas militares e civis que compatibilizem as prioridades científico-tecnológicas com as necessidades de defesa”. (Brasil, 2018)

Ainda, nessa mesma ENCTI 2016-2022, são mencionadas as Instituições de Ciência Tecnologia e Inovação (ICT), conceituadas como “órgãos ou entidades da administração pública ou entidades privadas sem fins lucrativos que tenham como missão institucional, dentre outras, executar atividades de pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico”.

No âmbito do Ministério da Defesa, a Portaria GM-MD 3063 de 22 de julho de 2021, que trata da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa (PCTID) estabelece em seus Artigos 2º e 3º:

Art. 2º “A Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Defesa tem como objetivo geral estimular o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação de interesse de Defesa.

Art. 3º São objetivos específicos da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Defesa: I – ampliar o conteúdo tecnológico dos produtos e serviços de interesse de Defesa; II – elevar o nível de capacitação de recursos humanos, vinculados ou dedicados à ciência, tecnologia e inovação de interesse de Defesa; III – aprimorar a infraestrutura de ciência, tecnologia e inovação de apoio a programas e projetos prioritários de interesse de Defesa; IV – proporcionar a criação de ambiente favorável à inovação, à cooperação, à competitividade industrial e à capacitação nacional, voltados aos interesses de Defesa; V – aperfeiçoar os mecanismos de financiamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação de interesse de Defesa; VI – promover a cultura de

Ciência, Tecnologia e Inovação de interesse da Defesa, junto a diversos segmentos da sociedade; VII – estimular o aproveitamento da imagem de excelência institucional; VIII – **integrar as iniciativas de ciência, tecnologia e inovação de interesse de Defesa, conduzidas nas Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT), nas empresas e na academia;** IX – estabelecer mecanismos voltados a políticas para a valorização de recursos humanos baseada em resultados; e X – implantar sistemática que integre o planejamento estratégico, o ciclo de vida de produtos e serviços de interesse de Defesa e a avaliação de resultados” (Brasil, 2021). (grifo do autor)

Diante do contexto acima, pode-se depreender que o tema CT&I, de fato, desperta o interesse do ambiente de Defesa.

UMA REVISÃO PONTUAL SOBRE A EVOLUÇÃO DA CT&I

Como mencionado alhures, o processo de conhecimento e, agora entendido como decorrente de CT&I, é inerente à condição humana ao longo da história.

A ideia aqui é lançar pontualmente marcos históricos que direcionem o raciocínio do processo de CT&I, não apenas fundamental à evolução da sociedade (o que é óbvio), mas também como sendo processual e de característica intangível.

O primeiro momento de identificação inequívoca de um conhecimento científico remete aos anos que separam Heródoto (485 – 425 a.C.) e Platão (427 – 347 a.C.). De forma feliz, Gianetti (2020) comenta que, nesse brevíssimo intervalo temporal, a era arcaica deu lugar à era clássica e a cultura grega deu ao mundo um movimento ascendente do pensamento racional, e segue dizendo que “todas as crenças, normas e formas de vida sancionadas pela religião foram postas em xeque”. Lembra ainda que Hipócrates inaugurou a medicina experimental baseada em evidência, Demócrito concebeu a filosofia atomista e o método analítico e Sócrates deu início à reflexão ética na história da filosofia ocidental por meio da dialética.

Esse importante momento da História denota o nascimento do conhecimento científico. Por trás da

forma como o conhecimento é alcançado existe um argumento central para responder a um questionamento observado pela sociedade. Os avanços a partir desse momento são expressivos.

Dando um salto considerável no tempo, consideremos Johannes Gutenberg (1400 – 1468), que, no fim da Idade Média, desenvolveu um sistema mecânico de tipos móveis que deu início à Revolução da Imprensa, considerado por muitos como o invento mais importante do segundo milênio, com influência direta no desenvolvimento da Renascença, na Revolução Científica, na economia baseada no conhecimento e na disseminação da aprendizagem. Interessante é que o desenvolvimento de Gutenberg teve características diretas associadas à tecnologia e inovação.

Outro grande salto. Em 1934, Joseph Schumpeter (1985) chama a atenção para a importância da inovação relacionada ao desenvolvimento econômico. Nesse instante, a associação entre inovação e economia passa a ser considerada como muito relevante. Complementarmente, algumas questões não abordadas por Schumpeter, como as características de empresas inovadoras, foram posteriormente tratadas no conceito de “Visão Baseada em Recursos”, em que se propõe a explicar a formação de vantagens competitivas por meio da existência de recursos, capacidades e competências especiais da empresa. A abordagem neo-schumpeteriana foca a mudança tecnológica, incluindo capacidade da firma para inovar, como fonte de diferenças competitivas entre firmas, setores e países. A explicitação da teoria associada a Schumpeter tem uma relação estreita com o ambiente de Defesa: mercado, competitividade (*lato sensu*, não apenas das firmas) e, implicitamente, soberania. Não existirá produção que convirja para a defesa (em última palavra, representante maior da garantia da soberania) se não forem agregados o interesse de mercado e a competitividade comparada.

Observado esses três aspectos relacionados a CT&I, é importante ainda estabelecer algum conteúdo de foro epistemológico, que se encontra por trás do desenvolvimento da ciência. Para pontuar e exemplificar essa consideração, recorre-se a Thomas Kuhn (1922 – 1996), a Karl Popper (1902 – 1994) e a Paul Feyerabend (1924 – 1994), com reflexos na forma de pensamento da atividade científica atual.

Esses teóricos buscaram livrar o discurso científico de qualquer forma de ambiguidade, de modo a adequar a lógica do raciocínio abstrato à lógica das experiências práticas, em que o fenômeno é verificado pela observação empírica e/ou verificação lógica.

A observação epistemológica possui aproximação com o objeto CT&I, contextualizado no ambiente de Defesa, seja pela contradição associada ao falsificacionismo de Popper, seja pela substituição de paradigmas observados na História de Kuhn, seja pela liberdade científica apontada por Feyerabend.

Para Popper, uma teoria nas ciências empíricas nunca pode ser provada, mas pode ser falsificada (falsificacionismo), o que significa que pode e deve ser examinada por experimentos decisivos, sendo que o que importa é o contexto de justificação, isto é, “a avaliação exclusivamente do produto da atividade dos cientistas” (Epstein, 1990). Estabelecendo um paralelo com a produção científica associada à Defesa, é importante avaliar a atividade empregada e a que está associada. Um bom exemplo para isso é o uso da bomba atômica na 2ª GM.

Kuhn (1978), por sua vez, em seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, apresenta um contraste entre duas concepções da ciência: (a) entendida como atividade completamente racional e controlada; e (b) entendida como uma atividade concreta que se dá ao longo do tempo e que, em cada época histórica, apresenta peculiaridades e características próprias. A ciência é subjetiva e evolui de modo a se aproximar da verdade. Essa aproximação é feita pela substituição de teorias e paradigmas. Também como paralelo ao mundo da Defesa, a relação temporal na produção científica é determinante.

Já Feyerabend (1977) apresentou, em 1968, o conceito de que a ciência é uma atividade metodologicamente anárquica, em que há vários fatores que determinam o desenvolvimento científico, desde a metafísica até a política e a economia, sendo essa a melhor forma de assegurar o avanço das ciências, deixando que os cientistas interajam livremente. A justificativa para essa abordagem está diretamente ligada ao aspecto anárquico (regras são nebulosas) com a produção científica destinada à Defesa.

CT&I E O CENÁRIO GLOBAL

O ambiente global para pesquisa e desenvolvimento, além de inovação e desenvolvimento econô-

mico baseado em tecnologia mudou drasticamente nas últimas décadas. O financiamento e o conhecimento de ciência e tecnologia estão agora amplamente distribuídos em todo o mundo; as empresas são muito mais internacionais e a China se tornou uma real potência econômica, científica e tecnológica, uma espécie de líder que, em momentos não raros, segue regras diferentes de outros líderes econômicos globais.

Além disso, as nações são agora mais capazes de gerar e de capturar valor de investimentos em CT&I no seu ambiente doméstico e no exterior, por meio de mecanismos apoiados pelo governo que incluem (obs.: a China faz isso com muita propriedade): (a) envio de estudantes e pesquisadores para o exterior; (b) atração de talentos estrangeiros; (c) aquisição de CT&I estrangeira e consequente difusão para empresas nacionais; (d) aquisição de empresas estrangeiras de CT&I; (e) atração de investimento estrangeiro direto em laboratórios de fabricação e pesquisa; (f) financiamento de pesquisadores internacionais e colaborações de pesquisa internacionais; (g) fomento de espionagem industrial, engenharia reversa e cópia CT&I; e (h) adoção de políticas comerciais que favoreçam as indústrias nacionais.

Os mecanismos listados acima são capazes de promover um ambiente de desestabilização da produção clássica de CT&I, que despertam implicações de cenários estratégicos distintos, no chamado ambiente de transformação global. O que lança especial desafio, pois o mercado é global, i.e., o produto é global, a gestão é global, o sistema financeiro é global e o sistema de CT&I é global.

Se, durante o século XIX, a transformação global refez a estrutura básica da ordem internacional, envolvendo uma configuração complexa de industrialização, construção racional do Estado e ideologias de progresso, a virada do século XX para o XXI possui aspectos semelhantes, porém diagnosticadas por meio de um uso intensivo de CT&I. Nesse contexto, o setor industrial de defesa global é um indicador notavelmente preciso da distribuição de poder no sistema internacional atual, e mais acen-tuadamente desde o pós-Guerra Fria, sendo uma ferramenta diplomática importante no arsenal político das nações. Paralelamente, nesse momento, a

indústria de defesa está sendo colocada em xeque. Se, por um lado, sofre grande pressão para garantir esforços bélicos em todo o mundo, com orçamentos apertados e prazos incertos, por outro, é vista como instrumento central da soberania nacional e da política externa.

CT&I E O AMBIENTE DE DEFESA

O interesse por CT&I pelo setor de Defesa é fácil de ser compreendido. A missão e consequentes tarefas do setor, consoantes à Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, à Estratégia Nacional de Defesa e à Política Nacional de Defesa, engloba uma miríade de assuntos, plurais e complexos.

Ao se fazer uma rápida comparação desses assuntos com a Tabela de Áreas do Conhecimento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ),² observa-se que: (a) a área de tangência com assuntos de interesse de Defesa são muitos; e (b) ainda faltam muitas outras subáreas para serem incluídas, o que denota a necessidade de mais interlocução com os agentes plurais envolvidos.

Além disso, duas são as vertentes que podem deprender o vínculo em CT&I com a defesa, convergentes entre elas: (a) a indústria de defesa; e (b) a academia. Existe uma teoria chamada de “tríplice hélice”, que discute as interfaces existentes entre a defesa, a indústria e a academia.

No que diz respeito à indústria de defesa, os assuntos se inclinam a serem tratados no âmbito da chamada “base industrial de defesa (BID)”. Entretanto, os assuntos afins, *lato sensu*, extrapolam o segmento da BID. Nessa vertente, a forma de interesse se faz do aproveitamento da pesquisa relacionada à ciência, entendida como sendo a produção de conhecimento, direcionando os interesses para os segmentos de tecnologia e inovação.

Por outro lado, as áreas de conhecimento, derivadas para áreas de interesse e linhas de pesquisa, são próprias do ambiente acadêmico, decorrente das pesquisas relativas para a produção do conhecimento. São assim, as instituições acadêmicas, foro próprio para esse segmento.

Naturalmente, essa segmentação de ambos ambientes (indústria e academia) não são restritivas para que elas por si só possam conduzir o todo ou parte do processo de CT&I.

Uma ação decorrente, nas Forças Armadas (FFAA), das iniciativas de inserção no cenário de CT&I, foi a criação das Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT), mencionadas alhures.

Dentre os benefícios de uma ICT, visualiza-se: (a) a possibilidade de obter recursos financeiros para pesquisa; (b) o incremento do relacionamento com parceiros nacionais e internacionais vinculados a atividades científicas; (c) acesso a estruturas necessárias e desejadas ao ambiente de pesquisa; e (d) a possibilidade de aumento de visibilidade perante a sociedade civil.

Na Marinha do Brasil (MB) foram classificadas treze Organizações Militares da Força como ICT, sendo a Escola de Guerra Naval a única dedicada a atividades acadêmicas.³

No Exército Brasileiro (EB) foram classificadas quatorze Organizações Militares da Força como ICT, sendo duas dedicadas a atividades acadêmicas: o Instituto Militar de Engenharia e o Centro de Instrução de Aviação do Exército.⁴

Na Força Aérea Brasileira (FAB) foram classificadas treze Organizações Militares da Força como ICT, sendo quatro dedicadas a atividades acadêmicas: o Instituto Tecnológico da Aeronáutica, o Instituto de Logística da Aeronáutica, o Instituto de Estudos Avançados da Aeronáutica e o Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo.⁵

As demandas das FFAA estão sintetizadas e simplificadas na Figura 1 a seguir. O trabalho de Longo & Moreira (2013) bem expõem que boa parte dos agentes envolvidos nas demandas de defesa estão vinculados à estrutura do Estado, como os ministérios, as ICT, as agências de fomento, as empresas públicas, centros de pesquisa etc.

Quando se trata de CT&I, a parcela demandante é o Estado (é um monopólio), que deve, neces-

² <http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7>

³ Portaria nº 147/EMA de 14/09/2020.

⁴ Portaria nº 046-DCT de 09/12/2009, com alterações subsequentes.

⁵ Portaria nº 881/GC3, de 9 de junho de 2017 que institui o Sistema de Inovação da Aeronáutica.

sariamente, interagir com a parcela ofertante que são as indústrias e os segmentos de pesquisa científica. Entretanto, o efeito de arrasto do demandante não é desprezível. Uma comparação singela relativa a esse comentário seria com a indústria automobilística, que possui tal efeito de forma muito significativa como, por exemplo, no setor de autopeças.

Outros dois quadros contribuem para traçar um panorama da relação existente entre CT&I e o ambiente de defesa, em razão da miríade de projetos das FFAA tratados. O quadro da Figura 2 (Schmidt, 2013) apresenta o mapeamento entre áreas e tecnologias de interesse da defesa nacional e os temas corolários; e o quadro da Figura 3 (Brustolin, 2013), que, ao propor um modelo de fluxo de CT&I para a defesa nacional, apresenta um panorama sintetizado dos principais agentes envolvidos.

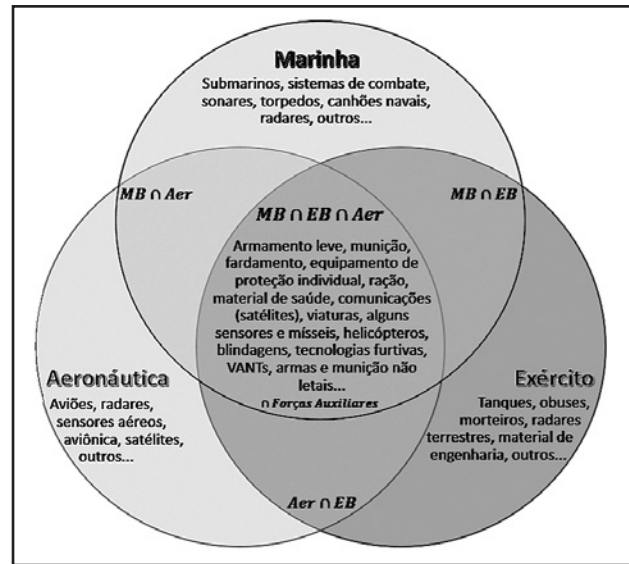


Figura 1. Demandas específicas das FFAA (Longo e Moreira, 2013)

Áreas	Ambiental	Biomédica	Sistemas de armas	Energia	Espacial	Materiais	Micro e nanotecnologia	Tecnologia da informação	Telecomunicações
Tecnologias									
Fusão de dados									
Microeletrônica									
Sistemas de informação									
Radares de alta sensibilidade									
Ambientes de sistemas de armas									
Materiais de alta densidade energética									
Hipervelocidade									
Potência pulsada									
Navegação automática de precisão									
Materiais compostos									
Dinâmica dos fluidos computacional (CFD)									
Sensores ativos e passivos									
Fotônica									
Inteligência de máquinas e robótica									
Controle de assinaturas									
Reatores nucleares									
Sistemas espaciais									
Propulsão com ar aspirado									
Materiais e processos em biotecnologia									
Defesa química, bacteriológica e nuclear (DBQN)									
Integração de sistemas									
Supercondutividade									
Fontes renováveis de energia									

Figura 2. Mapeamento entre áreas e tecnologias de interesse da defesa nacional (Schmidt, 2013)



Figura 3. Fluxo de Integração em CT&I no âmbito de defesa (Brustolin, 2013)

CT&I E AS ACADEMIAS MILITARES

O ponto de partida para essa discussão é reforçar a razão de ser das academias militares, EN, AMAN e AFA, que é “formar oficiais das FFAA, Marinha, Exército e Força Aérea”, respectivamente. Nessa direção, os alunos formados por essas academias, ao concluir o curso, obtêm o título de “bacharel em ciências” (navais e militares, respectivamente). Existe, dessa forma, uma relação biunívoca e direta entre “formação de oficiais das FFAA” e “bacharéis em ciências”.

Entendendo, de forma tácita, que o título de bacharel é conferido a graduados com nível universitário, e que o termo ‘ciências’ remete à produção de conhecimento, infere-se que os alunos formados nas academias militares fazem ou produzem (ou devem fazer ou produzir), de alguma forma, ciência.

Nas academias militares, o processo mais próximo e formal de produção de conhecimento é a elaboração, ao final do ciclo acadêmico, dos seus trabalhos de conclusão de curso (TCC), que devem merecer uma atenção especial. Mais do que o simples exercício de expressão e desenvolvimento de raciocínio lógico exigidos em uma monografia desse teor, os TCC devem ser encarados como peça primária de produção científica. I.e., a aplicação de um

método científico rigoroso que traga uma contribuição à base de conhecimento de forma mais sólida, com conteúdo que seja do interesse do ambiente de defesa. A aprendizagem *stricto sensu*, com a elaboração do TCC, traz um importante elemento para a formação do oficial, que deve ter a exata noção do que é fazer ciência e para que ela se destina. No mundo global contemporâneo, como já frisado, o domínio da lógica existente por trás do mundo CT&I é fundamental para líderes, o que se espera dos oficiais das FFAA.

Além disso, em que pese não haver conhecimento formal de programas de iniciação científica (IC) nas academias – programas esses comumente oferecidos por muitas instituições de ensino, tanto públicas quanto privadas, para que os alunos possam aprofundar seus conhecimentos em uma determinada área do seu curso –, os alunos, assim o fazem de outras formas, ainda que seja fora da grade curricular, como, por exemplo, através de grêmios ou clubes afins.

Sem objetivar listar projetos nesse sentido, vale a menção de dois casos na Escola Naval que elucidam esse ponto e demonstram essa realidade. O projeto “barco solar”, premiado e com competições em seu currículo; e o projeto “lego house”, premiado em um concurso promovido pela EDP (Energias de Portugal) em 2019.

Como continuação a esse raciocínio argumentativo, não seria uma hipótese a ser descartada a inclusão das academias militares como ICT, desde que adaptadas para esse fim.

Nesse sentido, a Escola Naval chegou, em 2021, a esboçar um estudo de candidatura para se tornar uma ICT. A AMAN também caminhou nessa mesma direção, uma vez tendo recebido concessão de “credenciais de extensão e pesquisa, possibilitando, assim, a realização de pesquisas científicas em áreas de sua competência” (Rosa, 2019),⁶ inclusive, apresenta em seu trabalho uma minuta de “Projeto de Implantação da Instituição Científica e Tecnológica da Academia Militar das Agulhas Negras – ICT – AMAN”.

⁶ Portaria nº 1.393, de 26 de outubro de 2016, do Comandante do Exército.

Atualmente, o currículo da Escola Naval está passando por uma transformação, na sua conduta curricular, ao adotar, como base, e por orientação da Diretoria de Ensino da Marinha (DEnsM), o documento “Referencial de Competências Profissionais dos Oficiais Concluintes do Curso de Graduação de Oficiais” (Brasil, 2022), focado nas “competências técnicas e comportamentais inerentes à qualificação em cada Corpo” (Armada, Fuzileiros Navais e Intendência).

Nesse particular, ainda que o texto desse documento não especifique competências e indicadores que denotem condicionamentos de foro científico, reconhece dois pontos importantes: (a) a necessidade de uma “sólida formação acadêmica”; e (b) o diploma de “Bacharel em Ciências Navais”. Dentro do raciocínio argumentativo até aqui, *ad hoc*, parece haver lugar para que seja incluída uma competência que preveja a “compreensão do universo científico”, com indicadores que contemplem, minimamente, o conjunto CT&I.

Um bacharel em ciências precisa conhecer ciência. E mais, é desejável que faça ciência. E os formados por academias militares possuem condições para serem inseridos nesse contexto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para concluir e dissertar sobre as considerações finais do tema em apreço, retomo duas passagens mencionadas alhures. A primeira, advinda do ChatGPT:

“é importante que as academias militares estejam atualizadas com os avanços científicos e tecnológicos mais recentes para garantir que as Forças Armadas permaneçam eficazes, adaptáveis e prontas para enfrentar os desafios do século XXI”. A segunda, o problema apresentado: “que aspectos importantes podem ser analisados, avaliados e pensados com relação à inserção dessas academias no conjunto CT&I?”.

Propositamente, o texto passou por diversas considerações: sobre a conceituação de CT&I; sobre a abordagem epistemológica que pode ensejar implicações na condução da ciência no âmbito de defesa; sobre o cenário global; sobre a relação CT&I e defesa; e sobre a relação CT&I e academias militares.

Reunindo todo esse conjunto de informações, infere-se que um possível desiderato de formação dos oficiais das FFAA permita o domínio de conceitos de CT&I, em uma abordagem que contemple em sua importância: a razão da CT&I; a relação com a economia e soberania; o que baseia o pensamento científico; as interações com as práticas de defesa em um mundo de transformações em que emergem cada vez mais a prática intensiva de CT&I; e ter pleno conhecimento do espaço da CT&I no exercício da profissão, como fonte essencial de conhecimento para os dias de hoje.

A Figura 4 abaixo ilustra graficamente essas interações, de forma que facilite a visualização dessas dispersas, porém convergentes abordagens.

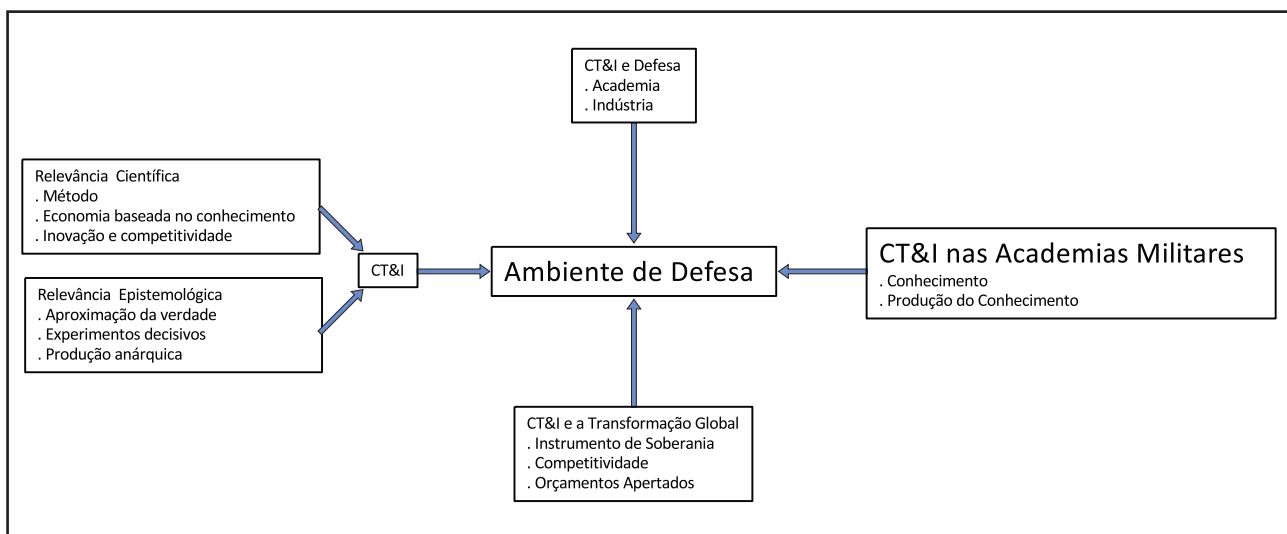


Figura 4. Interações de CT&I, Defesa e Academias Militares

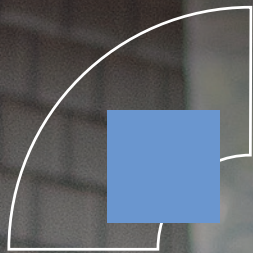
No ambiente acadêmico das academias militares, o espaço e dimensão a serem dispensados ao tratamento do desenvolvimento científico (no ambiente CT&I) ainda requerem discussões, debates e opiniões diversas. Mas, seguramente, não é um tema para ser procrastinado.

Muitos temas poderiam ser objeto de pesquisa em decorrência do assunto que aqui foi exposto, mas ficam sugeridos dois: um estudo comparado entre as academias militares; um estudo comparado com academias militares de outros países, especialmente potências globais; e um estudo contendo pesquisas de opinião sobre o tema, a exemplo da linha adotada no trabalho de Rosa (2019).

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Diretoria de Ensino da Marinha. DEnsM-1003: Catálogo de Referenciais de Competências Profissionais (RC) da Marinha do Brasil (MB), 5ª. revisão. Rio de Janeiro: DEnsM, 2022.
- _____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016/2022: Sumário Executivo. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018.
- _____. Ministério da Defesa. Portaria GM-MD 3063 de 22 de julho de 2021. Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa (PCTID). Brasília, DF, 2018.
- BRUSTOLIN, Vitelio Marcos. Inovação e Desenvolvimento via Defesa Nacional nos EUA e no Brasil. Tese – UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.
- CHATGPT. Ciência Tecnologia e Inovação nas Academias Militares. <https://chat.openai.com/?model=text-davinci-002-render-sha>. Acesso em: 02/08/2023.
- EPSTEIN, Isaac. Thomas S. Kuhn: a cientificidade entendida com vigência de um paradigma. In: OLIVA, Alberto (org.). *Epistemologia: a cientificidade em questão*. Campinas: Papirus, 1990, p. 103-129.
- FEYERABEND, Paul. *Contra o Método: esboço de uma teoria anárquica do conhecimento*. Trad. Octanny S. da Mata. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- GIANNETTI, Eduardo. *O Anel de Giges: uma fantasia ética*. 1a ed. – São Paulo: Companhia das Letras, 2020.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- LONGO, W. P.; MOREIRA, William. S. Tecnologia e Inovação no Setor de Defesa: Uma perspectiva Sistêmica. *Revista da Escola de Guerra Naval*, v. 19, n. 2, p. 277-304. Rio de Janeiro, 2013.
- OECD/Eurostat. *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, 2018.
- ROSA, Jesus Alexsandro Alves. *A Academia Militar das Agulhas Negras e o marco de ciência, tecnologia e inovação*. 2019, 160 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2019.
- SCHMIDT, Flávia de Holanda. *Ciência, Tecnologia e Inovação em Defesa: Notas Sobre O Caso do Brasil*. Radar: tecnologia, produção e comércio exterior. IPEA, n.24, fev., 2013.
- SCHUMPETER, Joseph. “O Fenômeno Fundamental do Desenvolvimento Econômico”. In: *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*. Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1985.

Consulte as normas e condições vigentes.



Crédito SIMPLES

Auxílio financeiro para
situações diversas

As melhores taxas.
Peça já o seu pelo
Aplicativo POUPEX.



POUPEX

0800 061 3040

O EMPREGO DO CIWS NA MARINHA DO BRASIL

*Aspirante Pedro Emanuel Carneiro
Marinho da Rocha*

INTRODUÇÃO

Apesar das novas invenções e avanços tecnológicos, desde o início da Guerra Fria, o míssil é uma das principais armas encontradas a bordo das belonaves em todas as marinhas do mundo. Até que essa tecnologia seja substituída e se torne obsoleta, é impensável que os navios de guerra não tenham um armamento ou uma contramedida eficiente para contrapor-lo.

Destarte, o presente trabalho busca verificar se a Marinha do Brasil (MB) detém em seus navios um sistema de defesa condizente com a guerra naval na era do míssil. O propósito colimado será obtido abordando o sistema de defesa de ponto *Close-In Weapon System* (CIWS), uma das principais contramedidas que um navio de guerra possui na atualidade.

Serão analisados a evolução histórica dos sistemas de defesa de ponto e casos de combates navais em que eles foram empregados. Além disso, serão apresentados dados estatísticos de eficiência dos sistemas existentes e será realizada uma análise técnica, buscando encontrar o sistema que melhor supra as necessidades da MB, sob o ponto de vista tático.

A ORIGEM

Utilizando uma metodologia de pesquisa bibliográfica e estudos de caso, será comentada, nesse capítulo, a evolução histórica dos armamentos navais da guerra de superfície, bem como o conceito de defesa existente atualmente. Além disso, será analisado como o advento de uma nova arma pode mudar drasticamente o aparelhamento dos navios.

No início do século 20, tivemos um período historicamente pequeno, mas com gigantescas mudanças na guerra naval. Analisando as esquadras da Primeira e da Segunda Guerras Mundiais, pode-se observar que os navios de maior valor da Primeira Guerra eram os *Dreadnoughts*, encouraçados com grande poder de fogo e armamentos de grosso calibre, voltados principalmente para o combate de superfície. Esses navios tinham tanto protagonismo nessa época, que a vitória estratégica do maior confronto naval da Primeira Guerra Mundial, a batalha da Jutlândia, foi conquistada pela Inglaterra, em grande parte, por ter um número maior desse tipo de navio do que sua rival Alemanha. Porém, na Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento da aviação naval e esta se mostrando cada vez mais determinante na guerra, os encouraçados se tornaram coadjuvantes nos combates, cedendo espaço para os novos protagonistas da guerra naval, os navios aeródromos. Nesse contexto, o armamento de grosso calibre com baixa cadência de tiro se tornou ineficiente, principalmente em combates antiaéreos, abrindo espaço para canhões mais leves, ágeis e com cadência de tiro muito maior. Como exemplo, pode ser feita uma comparação entre os armamentos de encouraçados da Primeira e da Segunda Guerra Mundial.

O Navio *Iron Duke* foi o capitânia da esquadra britânica na batalha da Jutlândia. Seu armamento era voltado para o combate entre navios. Segundo o Volume 7 da coleção “Armas de Guerra” (CIVITA, 2010), o armamento secundário, 12 canhões de 152 mm, foi desenvolvido para defesa contra contratorpedeiros, disparando 5-7 projéteis por minuto com elevação de até 15 graus. Já o armamento principal, 10 canhões de

342 mm, tinha por finalidade o combate entre encouraçados e possuía um alcance elevado, mas com uma cadência de tiro muito baixa, de aproximadamente 1,5 projéteis por minuto.

O encouraçado USS *Iwoa* tinha como armamento secundário 20 canhões de duplo emprego (superfície e antiaéreo) de 127 mm (*5-inch/38-caliber gun*), o qual era utilizado em quase todo navio da esquadra americana graças a sua incrível cadência de 22 projéteis por minuto e a sua grande versatilidade. Já seu armamento principal era composto por três pesadas baterias triplas de 406 mm, que foram majoritariamente empregadas para apoio de fogo naval e não efetivamente contra alvos de superfície navais.

Destá forma, é notável que os encouraçados da Segunda Guerra contavam com um armamento muito mais voltado para guerra aeronaval do que os encouraçados empregados na Primeira, utilizando canhões de menor calibre, mais leves, porém mais eficientes contra os rápidos e ágeis aviões inimigos. É importante salientar que essa tendência nos armamentos de bordo pode ser observada em todas as marinhas do mundo e cada vez mais se torna comum a substituição das grandes e pesadas baterias por versões mais leves.

Outro exemplo que denota a evolução do armamento mais leve a bordo é o amplo emprego da classe *Atlanta* (*Atlanta Class. AA Cruisers 1941*) de cruzadores leves, que tinha basicamente como armamento principal 16 canhões de 127 mm. Não contando com nenhum armamento de grosso calibre, esse tipo de navio mostrava a tendência das marinhas que seria desenvolvida no pós-guerra, priorizando a manobrabilidade, a cadência de tiro e a versatilidade.

Portanto, são notáveis as mudanças que o avião impôs ao cenário naval. Por ser um alvo muito menor e mais rápido do que um navio, obrigou os armamentos de bordo a se adaptarem para garantir uma capacidade melhor de defesa.

De maneira análoga, o mesmo ocorreu com a chegada do míssil e dos aviões a jato no cenário da guerra naval. Com velocidades supersônicas e exigindo um tempo de resposta muito curto, o armamento, para se contrapor a essas ameaças, necessitaria de uma cadência de tiro elevadíssima e um tempo de resposta menor do que o alcançado por um operador humano.

A estreia do míssil guiado na guerra naval

Apesar de atualmente os mísseis serem usados em praticamente todo tipo de combate, no início do seu desenvolvimento poucas marinhas acreditavam no seu potencial efetivo. Foi apenas com o episódio do Contratorpedeiro *Eilat* (dados apresentados a seguir) na Guerra dos Seis Dias, que ficaram claras para o mundo a grande efetividade dessa arma e a necessidade de criação de novas contramedidas.

O *Eilat* foi um contratorpedeiro (CT) inglês que serviu na Segunda Guerra Mundial e passou para a Marinha israelense no pós-guerra. Conforme a Tabela 1, seu armamento seguia o mesmo padrão dos escoltas do final do período de guerras, voltado principalmente para operações AA (antiaérea) e AS (antissubmarino). O navio foi empregado por Israel na Guerra dos Seis Dias, principalmente na guerra AS e no combate a pequenas embarcações inimigas, visto que o domínio aéreo da região já havia sido conquistado.

Tabela 1. Dados técnicos do Contratorpedeiro *Eilat*

Dados técnicos	Informação
Deslocamento	1.710 ton
Comprimento	110,6 m
Boca	10,9 m
Propulsão	Duas turbinas
Velocidade	37 Nós
Armamento	4 x 4.5 <i>inch guns</i> 5 x 40 <i>mm guns</i> 8 x Tubos de torpedo

Fonte: [https://military-history.fandom.com/wiki/HMS_Zealous_\(R39\)](https://military-history.fandom.com/wiki/HMS_Zealous_(R39)).

Na ocasião, o contratorpedeiro israelense patrulhava na Baía Tina, quando detectou em seu radar duas lanchas de patrulha inimigas, porém não se observou nenhuma manobra evasiva por parte do *Eilat*, que manteve uma derrota estável. Segundo Asen N. Kojukharov, em seu artigo publicado pelo U.S. Naval War College Press em 1997, o Comandante Itshak Shoshan, do navio israelense, temia apenas submarinos, visto que já tinha vencido um combate semelhante contra duas P-6 (lanchas torpedeiras) inimigas, há

pouco tempo, e com relativa facilidade. Desta forma, o Comandante concluiu que aqueles dois contatos não eram grande ameaça. Todavia, as duas lanchas estavam armadas com dois mísseis antinavio *Styx* (russos) cada uma. Às 17h16 do horário local, ao ser detectado o primeiro ataque das lanchas, o escolta adotou o “zigzag” para se evadir do míssil, porém sem sucesso. Em seguida, o navio abriu fogo contra o míssil, mas não conseguiu abatê-lo, e, por consequência acabou recebendo o primeiro impacto na popa, causando grande incêndio e alagamento. Pouco tempo depois, o navio foi alvejado por mais dois mísseis e às 17h28 o Comandante deu a ordem de abandonar o navio.

Com esse exemplo, no qual duas pequenas lanchas egípcias armadas com mísseis afundaram um contratorpedeiro muito maior e mais preparado, ficou clara a ineficiência do armamento utilizado para se contrapor a essa ameaça, bem como o tempo de resposta totalmente inadequado, tendo em vista a velocidade desenvolvida por ela, exigindo, desta forma, um sistema de defesa muito mais rápido e preciso.

O CIWS

Nesse contexto de novos armamentos e novas filosofias de guerra naval, a mudança nos armamentos de bordo se tornou imprescindível.

Este capítulo tem como objetivo apresentar o armamento que surgiu para suprir essa demanda de defesa contra mísseis antinavio. Utilizando como exemplo o sistema de defesa de ponto mais utilizado pelas marinhas de países aliados ao Brasil, aparece o *Vulcan Phalanx*, surgido em 1964, que carinhosamente foi apelidado pelos marinheiros de “R2D2”, por conta de seu formato singular, semelhante ao robô do filme “Guerra nas Estrelas”.

O sistema foi criado para ser a última linha de defesa dos navios de guerra contra mísseis e alvos aéreos, tornando-se item praticamente obrigatório nas belonaves norte-americanas construídas desde então, muito por conta da necessidade criada pelo enorme protagonismo do míssil no combate naval de superfície. Como exemplo tem-se o MK15.

A principal função do MK15 é o abate dos *Antiship Missiles* – Mísseis antinavio (ASM) –, mas pode ser facilmente empregado na guerra antiaérea.

Por meio de sua metralhadora giratória, com uma cadência de tiro que alcança os 4.500 tiros por minuto, cria uma barragem de saturação que sufoca o espaço aéreo no qual o alvo se encontra, com uma nuvem massiva de projéteis de forma a destruí-lo.

De modo geral, suas versões empregam uma metralhadora (20 mm *Gatling M61A1 Vulcan Gun*) em conjunto com dois radares, sendo um de busca 360 e o outro um radar de detecção de tiro (DT – “*tracking radar*”), podendo ser acrescentados outros sensores a variar com a necessidade de emprego.

Sua versão mais atualizada, em operação em diversos meios navais, é o MK15 (*Block 1B*) da Tabela 2. É importante salientar que sua atuação pode ser completamente automática, agindo independentemente do sistema e sensores do navio. Segundo a *US Navy*, o sistema em questão é o único que consegue realizar por si só busca, detecção, avaliação, rastreamento, engajamento e abate, não necessitando, desta forma, de operador, o que reduz muito a probabilidade de erro e o seu tempo de reação, corrigindo as desvantagens do já exposto caso do *Eliat*. Além disso, como seu alcance é relativamente pequeno, em torno de 1.625 jardas, a arma pode se utilizar de um projétil com subcalibre perfurante, o qual, por possuir uma grande velocidade inicial, garante uma altíssima precisão, isso por conta de uma trajetória balística mais estável a curtas distâncias. Outro ponto positivo é que, devido ao seu tamanho, ao seu formato compacto e à sua característica modular, pode ser empregado em praticamente qualquer navio da guerra, estando presente em diversas Marinhas.

Exemplos dessa afirmativa são o mais novo porta-aviões americano, *USS Gerald R. Ford*, o inglês *HMS Queen Elizabeth*, a principal classe de escoltas americanos, *Arleigh Burke*, as novas *type 26* inglesas, a classe nipônica de contratorpedeiros *Atago* e diversos outros meios. Sendo assim, o “R2D2” se apresenta como um sistema de defesa de ponto muito eficiente, eclético e condizente com a evolução tecnológica da guerra naval. Porém, esse sistema não é o único no mercado. Por motivos de interesse estratégico-militar, outros países também produzem esse tipo de tecnologia de defesa. Exemplos disso são a Rússia, com seu *Kashtan-M*, a China com o *H/PJ-14* e a Suécia com seu *Goalkeeper*.

Tabela 2. Características Gerais do MK15

Função Primária	Sistema de armas de 20 milímetros guiado por radar de reação rápida, <i>detect-thru-engage</i> .
Fabricante	Raytheon Systems Company (precedido pela Hughes Missile Systems Company e comprado da General Dynamics Pomona Division em 1992).
Data de implantação:	Bloco 0: 1980 (a bordo do USS <i>Coral Sea</i>) Bloco 1: 1988 (a bordo do USS <i>Wisconsin</i>) Bloco 1B: 1999 (a bordo do USS <i>Underwood</i>)
Peso: (Bloco 1B)	13.600 libras (6.120 kg).
Tipo de fogo	ASM e aeronaves: 4.500 tiros/min, Ameaças assimétricas: 3.000 tiros/min.
Capacidade do carregador	1.550 cartuchos
Calibre	20 mm
Munição	Sabot de Descarte Perfurante de Armadura
Tipo	Metralhadora Gatling M-61A1

Fonte: <https://www.navy.mil/>.

Por conseguinte, podemos observar que sistemas de defesa como o “R2D2” estão presentes nas maiores marinhas do mundo e na esmagadora maioria das belonaves ao redor do globo. Apesar disso, a Marinha do Brasil emprega o *Vulcan Phalanx* em apenas um navio, o NDCC *Matoso Maia*, que, por ser de origem norte-americana, já veio com o armamento incluso, porém, atualmente, o sistema encontra-se inoperante.

A efetividade do CIWS em seu emprego

À vista do exposto, pode-se depreender a grande confiabilidade desse sistema de defesa, porém, para reforçar essa ideia, será apresentado neste item análises e estudos probabilísticos, bem como casos concretos do emprego do sistema de defesa de ponto.

Estudo probabilístico

A fim de entender os limites do CIWS e melhorar o entendimento sobre sua maneira de emprego, será apresentado um estudo probabilístico da Faculdade

de Engenharia de Sistemas e da Universidade Nacional de Defesa e Tecnologia Changsha, cujo objetivo é definir qual a eficiência desse tipo de equipamento na defesa contra mísseis antinavio. O artigo em questão é o “*An Interception Efficiency Computing Method of CIWS Based on Exponential Damage Model*” (XIE et al., 2020).

Importante notar que foi utilizado como modelo para o estudo um CIWS equipado com uma metralhadora e projéteis semelhantes aos empregados no *Phalanx* MK15, porém com cinco tubos-alma a mais, cadência de tiro maior de 11.000 projéteis por minuto e capacidade de 1.280 projéteis.

Utilizando o método de Monte Carlo,¹ o estudo conclui que a probabilidade de acerto de um projétil seria de apenas 0,0094, considerando os erros do radar de rastreamento, do sistema de controle de fogo, da dispersão do projétil e do próprio sistema de armas.

¹ Método Monte Carlo é uma técnica estatística computacional que permite a previsão de resultados em sua maioria determinísticos, a partir de amostragens aleatórias massivas.

Por meio de outra análise, utilizando cálculo de dano exponencial, conclui-se também que, para se obter 100% de chance de destruir o míssil, é necessário que este seja atingido por pelo menos três projéteis, tornando o evento da efetiva neutralização do alvo algo ainda mais difícil.

Sendo assim, podemos afirmar categoricamente que o tiro como evento isolado tem uma probabilidade mínima de ser bem-sucedido, porém o que aumenta vertiginosamente a chance de abate é a enorme quantidade de disparos ou eventos probabilísticos que o CIWS consegue realizar. Segundo o estudo, a chance de abater um (ASM) *antiship missile* subsônico a 3 km é superior a 100%. Desta forma, é possível mensurar a enorme importância que a cadência de tiro tem para a efetividade da defesa de ponto. O que gera uma grande dúvida sobre a eficiência de um CIWS com cadências de tiro não tão altas, como é o caso do canhão *Bofors L/70* de 40 mm, o qual não consegue superar os 330 disparos por minuto, e atualmente é empregado nos principais navios escolta brasileiros.

Deve-se considerar, ainda, que na guerra naval atual os mísseis conseguem atingir velocidades supersônicas e, para esses casos, apesar da grande confiabilidade, mesmo o CIWS com a incrível cadência de 11.000 disparos por minuto não é tão efetivo. Reanalizando as probabilidades para uma ameaça supersônica, constata-se que a chance de interceptação com base na velocidade não é boa como se observa no Gráfico 1.

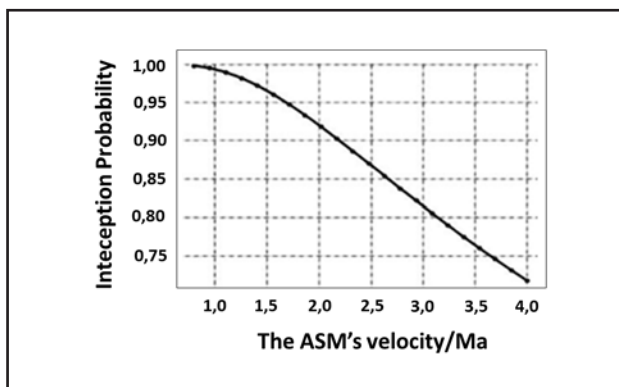


Gráfico 1. Probabilidade de interceptação de um ASM pelo CIWS com base na velocidade graduada em Mach
Fonte: Xie et al. (2020).

Para elevar as probabilidades de destruição dos ASM supersônicos a níveis aceitáveis, o próprio estudo traz a solução, sendo ela a instalação de mais uma plataforma do CIWS para que desta forma se possa alcançar um maior número de tiros (eventos probabilísticos), que garantam com certeza a defesa do navio. No caso, pode se mensurar a diferença de efetividade por meio do Gráfico 2.

Tendo em mente o Gráfico 2, observa-se ainda que quanto mais perto o míssil menor é a efetividade, portanto a distância na qual o míssil começa a ser engajado pelo CIWS é fundamental para garantia do abate. Desta forma, é importante que se leve também em consideração que, em um combate naval, um CIWS não consegue engajar todos os alvos na distância mais conveniente porque existe a possibilidade de haver mais de um míssil se aproximando simultaneamente. Por isso, a instalação de um segundo CIWS melhora muito as probabilidades de sucesso da defesa, ainda mais em casos de ataques vindos de direções diferentes. Segundo a análise computacional final exposta na Tabela 3, um navio empregando dois CIWS consegue abater simultaneamente até quatro ASM supersônicos e dez ASM subsônicos, mostrando que as defesas de ponto, as quais utilizam a barragem de saturação como método de defesa, são muito eficientes, mas possuem um limite.

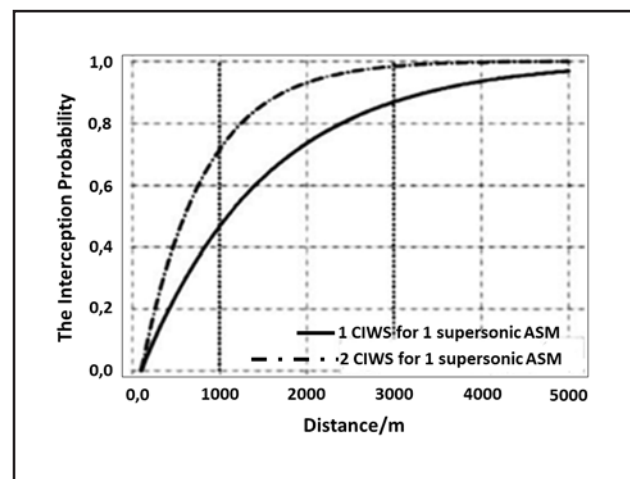


Gráfico 2. Comparação da probabilidade de interceptação ASM supersônico por uma plataforma CIWS e por duas plataformas CIWS com base na distância de engajamento
Fonte: Xie et al. (2020).

Tabela 3. Capacidade de interceptação do CIWS

Número de Plataformas CIWS	Quantidade máxima de ASM interceptados	Tipo do ASM
1	<2	Supersônico
1	<5	Subsônico
2	<4	Supersônico
2	<10	Subsônico

Fonte: Xie et al. (2020).

Tomando como exemplo a classe russa *Souremenny*, esta conta com oito células de lançamento de mísseis supersônicos antinavio *P-270 Moskit*, o que é mais do que suficiente para sobrepor o sistema de defesa de ponto e ainda dispor de mais 3 mísseis como redundância. Isso demonstra que não se pode confiar apenas no CIWS. Este deve agir em conjunto com outros sistemas de defesa, atuando na destruição dos mísseis que as outras contramedidas não consigam lidar, funcionando como última barreira de defesa.

Estudo de Caso HMS *Sheffield*

O evento ocorreu durante a Guerra das Falklands entre Inglaterra e Argentina no dia 4 de maio de 1982. Na ocasião, o *Sheffield*, um CT type 42, estava operando como navio piquete radar da força inglesa juntamente com outros dois navios escolta, o HMS *Glasgow* e o HMS *Conventry*. O ataque foi realizado por dois caças *Super Étendard*, que fizeram uma aproximação em baixa altitude e não foram detectados pelo *Sheffield*. Os outros dois navios piquetes, por outro lado, detectaram a emissão dos radares Agave dos caças argentinos, por meio de seus equipamentos MAGE/ESM, porém não foram tomadas medidas defensivas, pois acreditavam se tratar de espúrios radar. Quando o *Glasgow* percebeu o ataque com os *Exocet*, iniciou a manobra para disparar os foguetes *chaff* a fim de despistar os mísseis, porém o alvo era a *Sheffield*, que nada fez e acabou por receber um míssil a meia nau por boreste, causando incêndios que posteriormente levaram ao afundamento do navio. Segundo o relatório da comissão de inquérito sobre a perda do *Sheffield*, foi listada uma série de erros sendo os mais relevantes os seguintes:

- Alguns membros da tripulação estavam “entediados e um pouco frustrados pela inatividade” e o navio não estava “completamente preparado” para um ataque.
- O oficial de guerra antiaérea deixou o centro de operações de combate (COC) do navio e estava tomando um café na praça d’Armas quando a Armada Argentina lançou o ataque, enquanto seu assistente também havia deixado o COC para aliviar-se no banheiro.
- O radar a bordo do navio que poderia ter detectado o avião de combate *Super Étendard* se aproximando foi desligado para uma transmissão de satélite para outra embarcação.
- Quando um navio próximo, o HMS *Glasgow*, detectou a aeronave que se aproximava, o principal oficial de guerra no centro de operações do *Sheffield* não conseguiu reagir, “em parte por inexperiência, mas principalmente por inadequação”.
- O oficial de guerra antiaérea foi chamado para o centro de operações de combate, mas não acreditava que o *Sheffield* estava no alcance da aeronave *Super Étendard* da Argentina que levava os mísseis.
- Quando os mísseis atacantes estavam à vista, os oficiais no passadiço foram “hipnotizados” pela visão e não transmitiram um alerta à tripulação do navio.
- A comissão de inquérito descobriu que o erro do oficial de guerra antiaérea foi baseado em sua leitura de uma avaliação de inteligência da ameaça argentina, que havia chegado a bordo em “um calhamaço considerável e assustador” de papel que era difícil de compreender.

- Enquanto a tripulação do navio estava ciente da ameaça representada pelos mísseis *Exocet*, alguns parecem ter pensado que o *Sheffield* estava além do alcance da aeronave *Super Étendard*, porque eles desconheciam que os aviões poderiam ser reabastecidos no ar (COBAIN, 2017, tradução nossa).

A partir do exposto, observa-se que a maioria dos erros foi de natureza humana e levaram à detecção tardia do míssil, não permitindo a tomada de contramedidas efetivas. Além disso, apesar dos erros da tripulação, o navio não contava com nenhum tipo de contramedida que fosse eficiente na situação. Seu armamento de defesa era o míssil antiaéreo *Sea Dart* e os foguetes de despistamento *chaff*. O primeiro foi desenvolvido para médias e longas distâncias e poderia ter sido usado, porém, na ocasião, a tentativa do *Glasgow* de realizar o disparo foi infrutífera, pois o eco radar dos mísseis era muito pequeno, impossibilitando o *track* ou acompanhamento do alvo. Já a segunda contramedida poderia ser efetiva contra a ameaça, porém precisa de um período longo de reação para que o navio realize a guinada, considerando o vento a fim de que a nuvem *chaff* fique na posição correta para seduzir o míssil. Segundo o comandante da força inglesa, Almirante Sandy Woodward, em seu livro *One Hundred Days* (1992), o comandante de um navio piquete inglês, para se defender de um ASM, contaria, basicamente, com o *chaff*, devendo lançá-lo com no máximo quatro minutos de antecedência para que tivesse alguma chance de não ser atingido.

Desta forma, uma solução para suprir a vulnerabilidade seria a instalação de plataformas de defesa de ponto CIWS *Vulcan Phalanx*, pois, como já foi apresentado, o “R2D2” tem certa vantagem para engajar alvos próximos em situações de combate como a supracitada. São provas disso: a não dependência de um operador local evitando a perda de tempo no guarnecimento; possuir os próprios sensores, não dependendo dos radares do navio, os quais na ocasião estavam desligados para transmissão satélite; posicionamento

de forma a garantir uma cobertura 360°, tornando desnecessárias as manobras de guinada e, além disso, consegue realizar o *track* de forma automática. Vale ressaltar que não é totalmente independente, visto que pode ser operado a partir do Centro Operações de Combate (COC).

Desta forma, sabendo que o AM39 *Exocet* utilizado no ataque é um míssil subsônico, o qual atinge a velocidade de aproximadamente 1.100 km/h e que só foi detectado a apenas uma milha náutica (MN) do navio, tomando como base o Gráfico 3, conclui-se que a ameaça teria uma probabilidade de 100% de ser neutralizada se engajada a até 0,5 MN. O que ressalta a importância de se contar com um armamento mais independente, capaz de reagir a ameaças inesperadas que peguem a tripulação desprevenida.

Por fim, como consequência do ocorrido nas Falklands, as *Type 42* foram equipadas com duas plataformas MK15 *Phalanx CIWS* no pós-guerra, mostrando que a Royal Navy, a partir de uma experiência real de combate, escolheu instalar uma defesa de ponto com altíssimo grau de independência, o que destoa da solução empregada pela MB, a qual, na maioria dos meios da Esquadra, emprega sistemas que são escravos dos sensores do navio e estão mais sujeitos aos erros da tripulação.

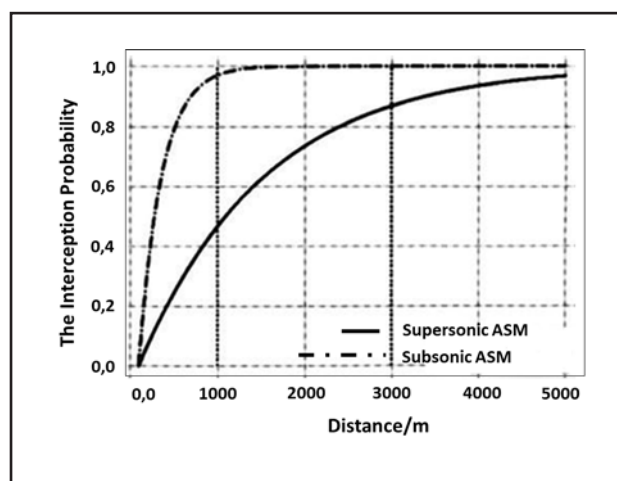


Gráfico 3. Comparação da probabilidade de interceptação ASM subsônico e supersônico pela plataforma CIWS a partir da distância de engajamento

Fonte: Xie et al. (2020).

A DEFESA DE PONTO NA MARINHA DO BRASIL

Como visto, a guerra naval está em constante evolução. No século XX e XXI, o desenvolvimento tecnológico tomou um ritmo frenético, com emprego de drones de combate, mísseis hipersônicos, caças supersônicos, canhões eletromagnéticos, armas a *laser* e muitos outros meios e tecnologias que tornam a guerra naval dinâmica e rápida. A MB, sabendo dessa realidade, não pode permanecer alheia a esse contexto, devendo buscar estar sempre atualizada tecnologicamente, a fim de cumprir a sua tarefa principal de preparar e empregar o Poder Naval, contribuindo para defesa do país. Nesse sentido, na década de 1970, a MB incorporou as fragatas classe *Niterói*, que até hoje estão em serviço. Após 20 anos da incorporação, foi iniciado o seu programa de modernização, quando foi incorporado o primeiro CIWS na MB, o 3P *Bofors* 40 MK3 de construção sueca e que atualmente permanece em serviço apenas nos escoltas.

A escolha da *Bofors* teve um viés estratégico logístico claro, pois a empresa já fornecia canhões para as Forças Armadas brasileiras desde 1947, o que facilita a manutenção, pois grande parte da produção da arma consegue ser realizada no Brasil. Além disso, a versatilidade foi outro fator que pesou na seleção, visto que a munição 3P (fusível programável, pré-fragmentável de proximidade) garante uma gama de empregos, podendo ser utilizada contra vários tipos de alvos. Em termos de defesa antimíssil, o sistema sueco não possui uma cadência muito alta e por isso não realiza a barragem de saturação como o *Vulcan Phalanx*. Ele, por sua vez, conta com a munição 3P, que, ao detonar, libera 1.100 a 2.400 partículas de tungstênio, que saturam a área do alvo. Segundo Philip Hahn, em “*Feasibility of a guided interceptor*” (2006), a acurácia do sistema sueco é classificada no mesmo nível que o concorrente americano. Todavia, deve-se ter em mente que, por empregar a barragem de saturação, o “R2D2” não precisa acertar o alvo com o primeiro disparo, pois, por ter uma cadência muito alta de tiro, possui uma margem de erro grande. O *Bofors*,

por outro lado, não dispõe da mesma comodidade, tendo menos eventos probabilísticos para a mesma tarefa e, portanto, deveria ter uma acurácia maior a fim de compensar a cadência de tiro menor. Outro fator abordado no estudo de Hahn foi que o sistema MK3 empregando a munição 3P, ao se contrapor a um helicóptero de ataque, só consegue atingir níveis de abate próximos a 100% a partir 1 km, o que é preocupante, pois ameaças como os ASM são menores e mais rápidas, o que leva a crer que a probabilidade de acerto contra um míssil será muito menor, colocando em xeque o grau de eficiência do sistema. Em termos de sensores e automação, o MK3 tem possibilidade de atuar por conta própria, não necessitando de operador local. Porém, não possui sensores próprios, o que é uma desvantagem, pois, como foi estudado no caso da *Sheffield*, é interessante que esse sistema de defesa tenha certa autonomia, objetivando o pronto emprego em qualquer contexto de combate. Com base nas informações expostas, o *Bofors* MK3, em termos de características logísticas, é viável para o Brasil e possui uma grande versatilidade. Porém, para a guerra atual, ele perde em eficiência para os CIWS de alta cadência de disparo, os quais conseguem níveis de confiança muito altos, haja vista possuir probabilidade de abate acima de 100% para as ameaças mais rápidas da guerra naval, os ASM.

O CIWS NOS NAVIOS DE PRIMEIRA CLASSE

Navios de primeira classe na MB são aqueles comandados por Oficiais da patente de Capitão de Mar e Guerra e são os maiores e mais valiosos navios da Esquadra. São exemplos atuais o Navio Aeródromo Multipropósito *Atlântico* (NAM), Navio Doca Multipropósito (NDM) *Bahia* e o Navio de Desembarque de Carro de Combate (NDCC) *Almirante Saboia*. Apesar de sua preponderante importância em uma operação de guerra, tais navios de maneira geral contam com armamentos pífios se valendo sempre dos navios escolta para realizar sua defesa, o que gera uma grande vulnerabilidade. Vale ressaltar que prioritariamente os sistemas

de defesa como CIWS devem ser operados pelos escoltas, pois estes foram projetados para tal função. Porém não contar com um sistema de defesa nos navios de primeira classe é um risco muito grande. Nos casos do *Saboia* e do *Bahia*, não possuem armamento automático, necessitando de operadores locais, assim como o contratorpedeiro *Eilat* abordado no primeiro capítulo do presente trabalho, no qual foi constatada a ineficiência de seu armamento no combate contra ASM subsônicos. Além disso, outro fator a se considerar é que a capacidade da MB de operar navios escolta em um grupo tarefa não é grande, e uma forma de compensar essa falta seria armando as unidades de maior valor. Se observarmos as maiores marinhas do mundo, percebe-se que, mesmo operando uma quantidade muito maior de contratorpedeiros muito mais armados do que as fragatas e corvetas brasileiras, ainda assim, seus navios de primeira classe contam com vários sistemas de defesa. A exemplo, o Navio Aeródromo USS *Nimitz* conta com seis plataformas de defesa de ponto, sendo duas delas o *Vulcan Phalanx*, o que destaca a vulnerabilidade brasileira.

Tomando novamente a Guerra das Malvinas como exemplo, o caso do SS *Atlantic Conveyor*, que foi alvejado por dois mísseis *Exocet*, mostra com clareza o motivo de navios maiores mesmo escoltados contarem com defesas próprias. No caso, a esquadra britânica foi atacada pelos argentinos, que lançaram dois *Exocet*, que tinham por alvo inicial o HMS *Ambuscade*, o qual reagiu com o *chaff* para não ser atingido, sendo bem-sucedido nesse objetivo. Porém, ao desviar os mísseis, esses iniciaram sua busca por outro alvo, que acabou sendo o SS *Atlantic Conveyor*, que era um navio equivalente a um 1ª classe no Brasil, possuindo uma seção reta radar grande, o que resultou em um alvo mais fácil de detectar para os mísseis. Como o navio não possuía nenhuma contra medida à altura, contando apenas com metralhadoras e armas portáteis, recebeu os dois mísseis e afundou seis dias depois. Segundo John C Schulte, em *An Analysis of the Historical Effectiveness of Anti-Ship Cruise Missiles in Littoral Warfare* (1994), os escoltas do *Conveyor* reagiram aos dois mísseis, porém não obtiveram sucesso em

se contrapor à ameaça. O ocorrido foi classificado como ataque a alvo defendido, o que confirma que não é possível contar apenas com os outros navios da força para defesa de unidades de alto valor. Portanto, o que foi exposto corrobora a ideia de que os armamentos de bordo de todos os navios da Esquadra devem estar à altura das ameaças envolvidas no teatro de operações.

CONCLUSÃO

A partir do exposto no trabalho, conclui-se que, para uma marinha que deseja estar atualizada tecnologicamente, possuir a bordo de todos os navios da esquadra um sistema CIWS, que garanta a defesa em última instância contra os ASM, é obrigatório.

No caso, a Marinha do Brasil se encontra desatualizada no que se refere a defesa de ponto, visto que apenas armou seus navios escolta com plataformas CIWS de modelo versátil e barato, mas que não possui uma eficiência alta no seu principal propósito, que é o abate de ASM. Para correção dessa deficiência, com base nos estudos de caso e nos estudos probabilísticos, observa-se que os CIWS com alta cadência de tiro são os melhores para a tarefa de defesa contra os mísseis atuais a curtas distâncias, devendo-se priorizar, portanto, a equipagem dos escoltas, navios de 2ª classe, mas não negligenciando os navios de 1ª classe. Inclusive, uma solução que deveria ser estudada seria a instalação de novos CIWS nas fragatas classe *Niterói* e a passagem dos antigos *Bofors* 40 MK3 para os navios maiores, haja vista a forma modular que os CIWS são projetados, podendo ser instalados em qualquer belonave. No caso de novos sistemas de defesa de ponto com alta cadência de tiro, existem o *Goalkeeper* e o *Vulcan Phalanx* como possíveis candidatos, apesar de que é interessante para o Brasil possuir a capacidade de produzir tal sistema de defesa, sendo que, nesse caso, pode-se utilizar como base os sistemas supracitados. Desta forma, sabendo que o combate naval permanece tendo como principal armamento o míssil, não contar com um CIWS a altura dessa guerra tecnológica nas belonaves da esquadra não é prudente.

REFERÊNCIAS

- COBAIN, Ian. Revealed: catalogue of failings that sank Falklands warship HMS Sheffield. *The Guardian*. Disponível em: www.theguardian.com/uk_news/2017/oct/15/revealed-full-story-behind-sinking-of-falklands-warship-hms-sheffield. Data de Acesso: 25/09/2023
- CIVITA, Roberto (ed.). *Coleção Armas de Guerra: Couraçados, cruzadores e porta-aviões pós-1900*. Vol. 7. Tradução de Mariane Janikian. São Paulo: Abril Coleções, 2010. Textos originais Amber Books Ltd.
- HAHN, Philip. *Feasibility of a guided interceptor*. University of Alabama in Huntsville, 2006.
- HMS IRON DUKE. Disponível em: <https://naval-encyclopedia.com/>. Data de Acesso: 25/09/2023
- KOJUKHAROV, Asen N. In Retrospect: The Employment of Antiship Missiles. *Naval War College Review*, vol. 50, no. 4, 1997, pp. 118-24. JSTOR. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/44638782>. Data de Acesso: 25/09/2023.
- MK 15 – Phalanx Close-In Weapon System (CIWS). Disponível em: <https://www.navy.mil/>. Data de Acesso: 25/09/2023.
- PADILHA, Luiz. BAE Systems Bofors AB: canhão naval Bofors 40 Mk. 2019. Disponível em: <https://www.defesaereanaval.com.br/defesa/bae-systems-bofors-ab-canhao-naval-bofors-40-mk4-amp>. Data de Acesso: 25/09/2023.
- SCHULTE, John C. *An analysis of the historical effectiveness of anti-ship cruise missiles in littoral warfare*. Naval Postgraduate School, 1994.
- XIE, H.; ZHAO, S.; CHEN, Z.; ZHOU, W. An Interception Efficiency Computing Method of CIWS Based on Exponential Damage Model, 2020 6th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA), Shenzhen, China, 2020, pp. 278-281, doi: 10.1109/BigDIA51454.2020.00051.

ARMAMENTISTAS DE ESCOL – 2ª PARTE

“Align and shine”.

Recomendação de um manual da US Navy sobre alinhamento de bateria.

*Capitão de Mar e Guerra (Ref)
Pedro Gomes dos Santos Filho¹*

Na 9ª edição da Revista de Villegagnon (2014), foi publicado o artigo “Armamentistas de escol”, que contava a história dos oficiais considerados os “Pais” da artilharia moderna das marinhas da Inglaterra e dos Estados Unidos: os Almirantes Sir Percy Scott e William Sowden Sims. Ao reler o artigo recentemente, surgiu a pergunta: Quem seriam os armamentistas de escol da Marinha do Brasil? É certo que, se formos considerar os melhores do século 19, vão figurar nomes conhecidos como Custódio de Mello, Wandenkolk, Artur Silveira da Motta e, sem dúvida, o Patrono da Artilharia Naval, Henrique Antônio Baptista. Mas quais nomes de oficiais de outra geração poderiam figurar como grandes armamentistas?

O presente artigo pretende responder essa pergunta, pedindo desculpas com antecedência pela possibilidade de cometer alguma injustiça com outros abnegados Oficiais, que se dedicaram com empenho às lides do armamento naval.

Além de prestar justa homenagem, a lembrança dos nomes aqui elencados objetiva fornecer um breve relato sobre os seus feitos aos oficiais armamentistas mais jovens, de modo que possam se orgulhar da sua nobre especialidade e se espelhar nos exemplos de de-

dicação, competência e abnegação demonstrados pelos artilheiros mais antigos.

O primeiro nome a registrar é o do Almirante Severino Antônio de Castilho.

A carreira de Castilho na MB, desde os primeiros postos, foi plena de sucessos, devidamente considerados no círculo dos técnicos navais do Brasil e do estrangeiro. Além de digno Oficial de Marinha, era criativo inventor reconhecido por todos. Foi um dos fundadores do Clube Naval e presidiu a sessão magna quando a tradicional associação comemorou o seu jubileu, em 11 de junho de 1934.

Após a promoção a Guarda-Marinha em novembro de 1879, realizou viagem de instrução na Corveta *Niterói* e, ao regressar, passou os primeiros postos da carreira embarcado em diversos navios. Em 1885, em conjunto com os Primeiros-Tenentes Antônio José Gonçalves Júnior e Joaquim Pinto Dias, Severiano de Castilho organizou uma publicação contendo as “Instruções” para o manejo da metralhadora Nordenfelt, sendo por isso elogiado.

Ainda embarcado, foi destacado temporariamente para as Oficinas de Artilharia do Arsenal de Marinha, quando inventou um aparelho de escapamento para os escaleres de palamenta, batizado de “Gato Mecânico”, dispositivo aprovado e logo utilizado naquele tipo de embarcação miúda.

Em 1890, no posto de Primeiro-Tenente, foi nomeado para estudar Artilharia e Pirotecnia na Europa.

¹ Doutor em Política e Estratégia pela Escola Superior de Guerra. Encarregado Geral do Armamento (EGA) do Contratorpedeiro *Mariz e Barros* e da Fragata *Liberal*. Oficial de Armamento da Força de Contratorpedeiros, da Força de Fragatas e do Comando em Chefe da Esquadra.

Ao final do curso, apresentou brilhante relatório com precisos detalhes técnicos sobre os diversos tipos de armamentos estudados.

No ano seguinte, foi classificado no Corpo de Engenheiros como Engenheiro-Naval de 3ª classe. Tempos depois, Capitão-Tenente, exerceu o cargo de Diretor Interino de Artilharia do Arsenal de Marinha, até retornar à Europa para uma missão de curta duração. Voltou a exercer o cargo anterior, no qual pôde colocar sua expertise em prática para analisar diversas propostas técnicas apresentadas por outros Oficiais e pela própria Marinha e teve a oportunidade de participar de uma comissão incumbida de escolher uma pólvora sem fumaça para as Forças Armadas.

Em 1910, foi criada a Diretoria de Armamento da Marinha e Severiano escolhido para chefiá-la. No ano seguinte, passou a fazer parte da Comissão Naval na Europa, como Fiscal de Artilharia.

Durante a sua carreira, apresentou e aprovou as seguintes invenções:

- Aparelho de escapamento para escaleres (1887);
- Modificações da Metralhadora Nordenfelt, invenção elogiada por Henrique Batista (1885);
- Estopilha combinada, mais tarde denominada “Estopilha Castilho”, quando conseguiu as patentes inglesa, francesa e alemã (1911);
- Aparelho de fechamento de cunha (1910);
- Aparelho de fechamento – Modificação do parafuso Wellin – patente americana (1914);
- Novo tipo de projétil, desenvolvido durante a sua comissão na Europa – patente inglesa (1913); e
- Isolamento de paióis de munição, também com patente inglesa (1912).

Em 1914, após deixar a Comissão Naval na Europa como Capitão de Mar e Guerra, foi nomeado para exercer o cargo de Subinspetor de Engenharia Naval, no qual permaneceu até ser reformado a pedido, no posto de Vice-Almirante Engenheiro Naval.

Outro Armamentista de escol digno de registro é o Almirante Engenheiro Naval Antônio Máximo Gomes Ferraz, considerado o pioneiro do armamento moderno

da Marinha do Brasil por sua brilhante atuação durante o recebimento dos encouraçados, orientando o emprego e a manutenção dos canhões daqueles potentes e modernos navios e das demais unidades da Esquadra de 1910.

O Contra-Almirante Ferraz foi Chefe de Classe da turma de Guardas-Marinha (GM) de 1881. Pela sua conduta exemplar e aproveitamento escolar fez jus ao Prêmio “Baronesa de Cananeia”, outorgado à época aos melhores alunos.

Curiosamente, Ferraz terminou o curso da Escola Naval empatado com outro grande Oficial de Marinha, Antônio Coutinho Gomes Pereira, que perdeu por ter menos idade. A Cerimônia de Declaração de GM contou com a presença do Imperador D. Pedro II, que fez questão de elogiar ambos os Guardas-Marinha pelos seus brilhantes desempenhos.

Seu interesse pelo armamento naval começou cedo. Ainda Tenente, produziu trabalhos de valor sobre o tema, que evidenciaram toda a sua competência. Como Primeiro-Tenente Engenheiro Naval, publicou “Construção dos canhões do systema Armstrong”. Em seguida, foi a vez do “Manual do canhão automático Maxim de 37 mm e da metralhadora de 7 mm do mesmo autor e sistema”. Foi coautor do “Manual do Marinheiro Artilheiro”, produzido em conjunto com Júlio Cesar de Noronha e Joaquim Barcellos Garcia. Em 1904, publicou o “Estudo das bocas de fogo”, trabalho destinado aos Aspirantes da Escola Naval, e no ano seguinte, o “Manual dos canhões Armstrong”. Ao todo, foram cerca de 20 trabalhos escritos sobre Armamento, que muito contribuíram para gerações de oficiais e praças envolvidos com a artilharia naval.

A autoria de tantas publicações didáticas evidencia o pendor de Ferraz para educar os mais jovens. Exercendo o cargo de Diretor de Armamento da Marinha, fundou, em 1912, a Escola de Aprendizes Operários, que depois se tornou uma escola técnico-profissional conhecida, dentre outras denominações, como Escola de Aprendizes da Diretoria de Armamento,² cujo

² Escola de Artífices de Armamento e Escola de Aprendizes Operários são nomes pelos quais a Escola ficou conhecida. Mais tarde, a Escola foi batizada oficialmente de Escola Profissional Comandante Zenithilde Magno de Carvalho, homenagem a outro Oficial dedicado ao armamento naval.

funcionamento durou até a década de 1950. A escola era subordinada ao Departamento Industrial do Centro de Armamento da Marinha (CAM) e contava com cerca de 200 alunos em regime de externato. O curso tinha a duração de três anos.

Como Diretor-Geral de Armamento, sua última comissão, o Contra-Almirante Ferraz pôde oferecer seu talento à consecução de várias obras, tais como a instalação de um laboratório de análise para o serviço de pólvoras e explosivos, a instalação da oficina de minas, a execução de reparos nos paióis da ilha de Mocanguê para armazenar pólvora negra, além da construção de uma ponte e um cais, aprimorando as instalações da Diretoria.

Ferraz veio a falecer, em 1915, quando contava com 53 anos de idade, perdendo a Marinha prematuramente um vulto de projeção, não só no campo da Administração Naval, mas principalmente como Engenheiro de Armamento, onde seus méritos justificam o título de Pioneiro do Armamento Moderno da Marinha do Brasil.

O terceiro nome escolhido é o do Almirante Antônio Maria de Carvalho. Oficial de outra geração, Antônio Maria foi declarado Guarda-Marinha em 1912, 31 anos depois do Almirante Ferraz.

Comandou o NM *Heitor Perdigão*, os contratorpedeiros *Paraíba* e *Piauí*, o Tender *Ceará*, a Segunda Flotilha de Contratorpedeiros e o Quarto Distrito Naval. Durante a 2ª Guerra Mundial, foi Chefe do Estado-Maior do Comando Naval do Leste.

No posto de Capitão-Tenente, já demonstrava talento ligado aos ofícios do armamento naval. Criou e produziu um Aparelho Diretor de Tiro Torpédico, mandado adotar na Marinha pelo Aviso nº 4.747, de 25 de outubro de 1927.

Em 1938, como Capitão de Corveta, foi designado para compor a Comissão que deveria propor o melhor tipo de mina submarina a ser adotada pela Marinha do Brasil. Como as que estavam disponíveis para a venda envolviam elevados custos, optou-se por desenvolver uma mina brasileira. O projeto apresentado e aprovado foi o de autoria do Comandante Antônio Maria de Carvalho.

No ano seguinte, dirigiu a construção do primeiro lote da Mina Submarina Brasileira, quando foram fabricadas 50 minas. Embora houvesse a previsão de construir mais 250 minas com o auxílio da indústria privada, a 2ª Guerra Mundial impediu a continuação desse belo trabalho. Mas o seu interesse pelas “Armas que esperam”³ não parou por aí. Inventou aparelhos de segurança para as Minas Brasileiras eletrolítica e eletromecânica. O aparelho para a mina eletromecânica foi adaptado em 300 minas de fabricação francesa da marca Sautter-Harlé.

Segundo o Capitão de Mar e Guerra Carlos Alberto Guimarães de Andrade (1995), introduziu na Marinha do Brasil, em 1942, as minas MB-I e MB-II. Essas minas, logo apelidadas de “Minas Carvalhinho” em homenagem pitoresca ao seu introdutor, eram cópias das minas MK 6 norte-americanas, eficientes minas de fundeio, utilizadas na 1ª Guerra Mundial, mas que permaneceram, até meados da década de 1980, catalogadas nos estoques de minas de reserva da Marinha dos EUA.

O Comandante Carvalho foi autor de um estudo, apreciado pelas autoridades navais, que apresentava um método de ataques contra submarinos, de conteúdo classificado “Secreto”.

Dentre as suas principais ações que resultaram em elogios, constam o salvamento do Navio-Escola finlandês *Jumen Jontson*, quando comandava o Contratorpedeiro *Paraíba*, o imprescindível auxílio prestado em trabalhos técnicos em contribuição aos estudos desenvolvidos pelo Estado-Maior da Armada e o elogio recebido do Ministro da Marinha pela habilidade e conhecimento técnico demonstrados na concepção do seu invento de caráter sigiloso.

O Comandante Carvalho alcançou o Almirantado em 1948 e como Contra-Almirante dirigiu a Diretoria Geral do Armamento da Marinha. Atingiu o ápice da carreira ao ser promovido a Almirante de Esquadra no ano de 1957.

Outro Armamentista brilhante foi o Almirante Octacílio Cunha. Sentou praça de Aspirante em 1918,

³ Expressão apresentada por Gregory K. Hartmann, no livro de sua autoria “Weapons that wait: Mine Warfare in the U.S. Navy”.

período em que a Escola Naval se encontrava em Angra dos Reis. Como Tenente, cumpriu embarque em diversos navios, até que em 1930 foi servir na Escola Naval como Instrutor de Balística, Artilharia e Prática de Direção de Fogo e Tiro ao Alvo. Dois anos depois, desembarcou para a Diretoria de Armamento da Marinha e, em seguida, cursou Engenharia Naval na especialidade Armamento. Realizou cursos na área da sua especialidade na França e estágios, em conjunto com outros oficiais, em fábricas de armamento nos Estados Unidos. Na França, recebeu honroso elogio pelo seu destacado desempenho no curso e pelas suas qualidades pessoais.

Em 1939, Octacílio Cunha, como Capitão-Tenente, participou da Comissão nomeada para estudar a instalação de uma fábrica de pólvora e projetis, projeto que acabou não se concretizando.

No ano de 1943, serviu na Oficina de Armamento do Departamento Industrial do Arsenal de Marinha da

Ilha das Cobras (AMIC), embrião da Fábrica de Armamento da Marinha (FAM).

No posto de Capitão de Mar e Guerra, assumiu, em junho de 1950, o cargo de Diretor da FAM, recebendo a direção de outro grande armamentista, o Capitão de Mar e Guerra Ayres da Fonseca Costa.

A FAM ficou instalada nos edifícios 7 e 7A do Arsenal, e seu maior feito foi conseguir fabricar canhões de 127 mm/38 cal. Como na época havia a opinião de que isso nunca seria conseguido, em vista da precariedade dos nossos recursos industriais, o primeiro canhão produzido recebeu o apelido de “Tira-teima” e disparou seus primeiros tiros no Polígono de Tiro do Exército, na Restinga da Marambaia. A FAM ainda fabricou mais 10 canhões, montados a bordo dos seis contratorpedeiros classe A, em construção no AMIC.

Em 1954, o “Tira-teima” foi instalado na Escola Naval e se encontra até hoje no “solo sagrado de Ville-gagnon”. Octacílio Cunha e Ayres da Fonseca, este no posto de Contra-Almirante, grandes responsáveis pela conquista, fizeram questão de comparecer ao evento de instalação do canhão na EN, visto com admiração e orgulho pelos Aspirantes da época.

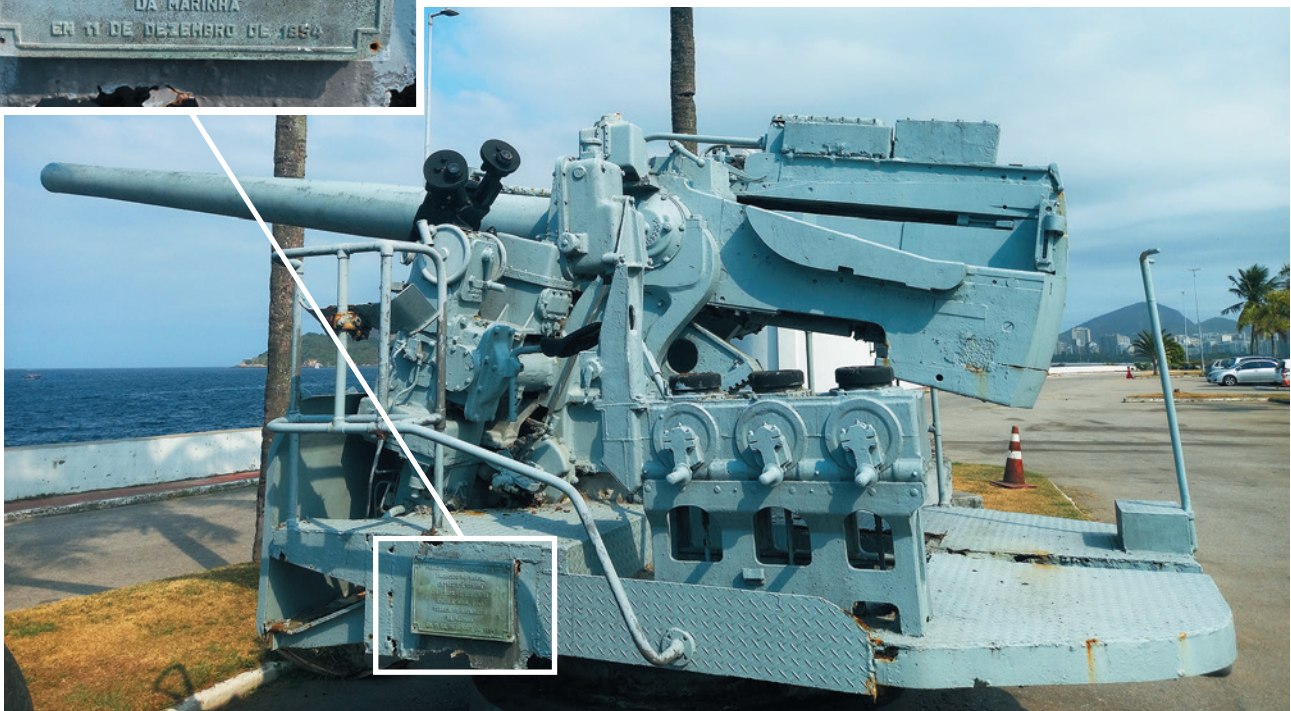


Figura 1. Canhão de 127 mm/38 cal, o “Tira-teima”

Além da fabricação de canhões, a FAM, sob a direção de Ayres da Fonseca e Octacílio Cunha, trabalhou no aumento da elevação dos canhões de 305 mm do Encouraçado *Minas Gerais*, reparou periscópios dos submarinos, fabricou projetis de 127 mm, estojos e espoletas, construiu aparelhos para direção do tiro e alças diretoras, além de se dedicar ao reparo da artilharia dos navios em operações.

Em 1956, Octacílio atingiu o Almirantado. Três meses depois foi agregado ao Quadro e designado para exercer a Presidência da recém-criada Comissão Nacional de Energia Nuclear, subordinada diretamente à Presidência da República. Em 1959, foi promovido a Vice-Almirante. Nesse posto, assumiu o cargo de Presidente do Conselho Nacional de Pesquisas e, em 1963, foi transferido para a Reserva após 49 anos e três meses de efetivo serviço.

Em meados dos anos 1980, o Centro de Armamento e o Centro de Munição da Marinha tiveram seus nomes alterados para Centro de Armamento Almirante Octacílio Cunha e Centro de Munição Almirante Antônio Maria de Carvalho, justa homenagem que durou até 1995, quando as OM receberam de volta seus nomes originais.

Os quatro Oficiais escolhidos como armamentistas de escol são predominantemente técnicos. Mas e os operativos, que, embora não tenham se destacado tanto na parte técnica, se dedicaram a bordo exercendo a nobre função de Encarregado Geral da Artilharia,

designação que mais tarde, com a instalação de outros tipos de armas, se transformou em Encarregado Geral do Armamento, os intrépidos EGA? Sem citar nomes, fica também registrada aqui a homenagem àqueles, que desde a década de 1920, época dos Arquiduques,⁴ lidaram com expressões, equipamentos e acessórios como *fire control*, diretoscópio, máquina de carregar, alça de mira, luneta de *boresight*, barra calibre, calibre estrela, munição desengastada, opérculo, ancinho de espotagem, elemento estabilizador, calculador de tiro, marca de referência, diretora, previsora, *pen recorder*, *Lookout Aiming System*, *light pen*, *tilt test* e muitos outros.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Carlos Alberto Guimarães de. Minas submarinas no Brasil (de 1865 a 1986). *Revista Marítima Brasileira*, v. 115, jan./mar. 1995.

BITTENCOURT, Júlio Regis. *Memórias de um engenheiro naval: uma vida, uma história*. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação Geral da Marinha, 2005.

BRASIL. Serviço de Documentação Geral da Marinha. Subsídios para a história marítima do Brasil, Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro: Imprensa Naval, 1938/39.

Centenário de nascimento do Almirante Otacílio Cunha. *Revista Marítima Brasileira*, v. 120, abr./jun. 2000.

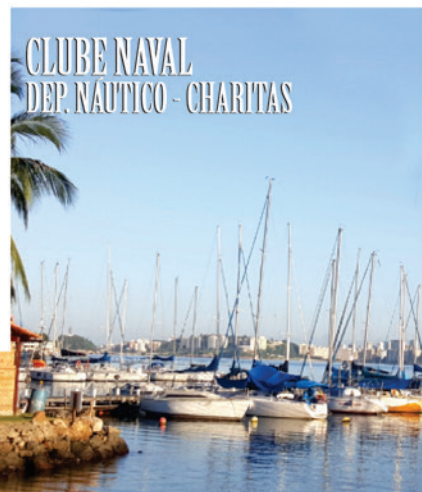
COSTA, Dídio. Engenheiro Naval Severiano Antônio de Carvalho. *Revista Marítima Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 42 (LXII), jan./mar. 1943.

⁴ Ver o artigo “Os Arquiduques”, publicado na 2ª edição da Revista de Villegagnon, 2007.



Clube Naval

A Casa dos Homens e Mulheres do Mar.



ASSOCIE-SE AO CLUBE QUE É FEITO PARA VOCÊ!

A TRIGONOMETRIA ESFÉRICA COMO SOLUÇÃO PARA A NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

*Comentários dos principais tópicos do livro –
Editora Dialética*

*Capitão de Fragata (RM1)
Luiz Fernando da Silva Bezerra*

PROPOSTA DO ARTIGO

Este artigo, baseado na obra “A Trigonometria Esférica como solução para a Navegação Astronômica” – Editora Dialética, do autor, tem como proposta principal apresentar alguns tópicos e comentários acerca de conceitos fundamentais descritos no livro.

Serão sintetizadas algumas das principais seções do livro que, mesmo sem o aprofundamento matemático necessário, conseguirão mostrar a linha de raciocínio para as principais demonstrações e conclusões obtidas na navegação astronômica.

INTRODUÇÃO

A proposta principal do livro é ampliar os conhecimentos de alunos e professores acerca dos conceitos fundamentais de Geometria Esférica. A fim de atingir esse propósito, foram escolhidos como objetos de estudo os conceitos e modelos da Geometria Esférica empregados na formalização da Navegação Astronômica. Em um primeiro momento, é apresentado o contexto histórico dessa geometria, antes e depois de Euclides, para em seguida mostrar a importância do quinto postulado de Euclides na criação das novas geometrias do século XIX, estudadas por Gauss, Bolyai, Lobacheswsky e Riemann, dentre outros. Em seguida descrevem-se os conceitos mais relevantes da trigonometria esférica com a demonstração dos principais teoremas e fórmulas e uma analogia desses princípios com aqueles empregados na Geometria Plana. Também é realizada uma adequada caracterização da Na-

vegação Astronômica antecedida dos fatos históricos principais que envolvem essa técnica. A parte final da obra é marcada pelo emprego da trigonometria esférica como ferramenta para a Navegação Astronômica, com demonstrações e justificativas da modelagem matemática utilizada nesse tipo de navegação.

A DESCOBERTA DOS ESPAÇOS NÃO EUCLIDIANOS

O surgimento da geometria no antigo Egito relacionada às cheias do Rio Nilo, versão mais aceita, e o seu desenvolvimento e embasamento teórico na antiga Grécia, graças, principalmente, a Euclides de Alexandria, marcam os primeiros momentos dessa importante parte da Matemática.

Por quase dois mil anos, permaneceu como única e absoluta a geometria grega, ancorada, fundamentalmente, em uma das mais importantes obras da Matemática, que foi

“Os Elementos de Euclides”. Mas foi essa obra de Euclides, por meio do quinto postulado do livro I, conhecido como o axioma das paralelas, que protagonizou um dos maiores desafios já encontrados pelos matemáticos – a demonstração do quinto postulado.

Durante séculos, vários matemáticos se debruçaram na tentativa de uma demonstração do postulado das paralelas, até que, no século XIX, Gauss, Janos Bolyai, Bernard Riemann e Nicolai Lobachevski mostraram que realmente se tratava de um axioma. Essa conclusão acarretou a descoberta de duas outras ge-

ometrias; a Geometria Hiperbólica de Lobachevski e a Geometria Elíptica de Riemann, ficando conhecidas como geometrias não euclidianas.

Foi nesse contexto da criação das geometrias não euclidianas que a Geometria Esférica, como caso particular da geometria de Riemann, surgiu de maneira formal e sistemática, dando origem a diversas aplicações e descrição de fenômenos que não poderiam ser contemplados pela Geometria Euclidiana.

Quando os portugueses iniciaram as grandes navegações, surgiu a necessidade de referências para a localização dos navios além da topografia da costa, daí tiveram que recorrer a métodos astronômicos. Esses métodos, já descobertos na antiguidade grega, supunham que as estrelas eram fixas numa esfera celeste. E foi o estudo dessa esfera celeste, amparado nos conceitos matemáticos da Geometria Esférica, mais precisamente nas relações trigonométricas nos triângulos esféricos, que permitiu uma adequada modelagem da posição dos astros e o consequente desenvolvimento da Navegação Astronômica.

GEOMETRIA ESFÉRICA: ELEMENTOS FUNDAMENTAIS

Nesse capítulo do livro, são apresentadas algumas definições e teoremas fundamentais da Geometria Esférica, muitos deles análogos aos da Geometria Euclidiana, necessários à compreensão das seções e capítulos posteriores. São apresentados os elementos notáveis de uma superfície esférica como também o conceito de geodésica e triângulo esférico nessas superfícies.

TRIGONOMETRIA ESFÉRICA

Nessa parte do livro, apresentamos a definição de trigonometria esférica, como também apontamos a sua relevância nos campos da náutica e navegação para a determinação da posição de uma embarcação em alto mar, mediante a observação dos corpos celestes (objetivo principal do trabalho). Também são apresentadas e demonstradas as principais relações necessárias à resolução dos triângulos esféricos e realizadas as convenientes analogias com diversos teoremas desenvolvidos na geometria euclidiana.

NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA E SEUS CONCEITOS TRIGONOMÉTRICOS

As duas últimas partes do livro apresentam um histórico da evolução da navegação astronômica, seus principais conceitos trigonométricos e, por fim, como são obtidas as posições astronômicas decorrentes da solução do triângulo esférico.

CONCLUSÃO

Os conteúdos apresentados neste trabalho, tanto os relacionados à Geometria Esférica quanto aqueles referentes à Navegação Astronômica, buscam ampliar conhecimentos das mais diversas categorias de leitores; seja o professor, utilizando para enriquecimento das suas atividades em sala de aula algumas demonstrações e conceitos de Geometria Esférica, de maneira conjugada com conhecimentos aprendidos no Ensino Médio, ou seja o aluno ou curioso de Navegação Astronômica, que poderá, didática e paulatinamente, construir significado de conceitos fundamentais da Geometria Esférica e aprender como são utilizadas as principais técnicas de Navegação Astronômica. De extrema relevância também foi a contextualização histórica da Geometria Esférica, abordando os principais fatos relacionados ao seu descobrimento. Falou-se da evolução da geometria em tempos pré e pós-Euclides, culminando no surgimento dos espaços não euclidianos em decorrência de uma incessante busca da demonstração do Postulado das Paralelas (V Postulado de Euclides). Os fatos históricos apresentados colaboram não só para um melhor entendimento dos longos caminhos percorridos na evolução do conhecimento como também para promover a discussão sobre qual a geometria mais apropriada a explicar o mundo em que vivemos. Entretanto, citando Henri Poincaré: “Nenhuma geometria é mais correta do que qualquer outra, apenas é mais conveniente”.

Haja vista as demonstrações e deduções das principais fórmulas matemáticas empregadas nos livros e manuais de Navegação Astronômica, esse trabalho consegue, de maneira direta e objetiva, mostrar a contribuição da Matemática, especificamente da Geometria Esférica, na Navegação, cumprindo assim o seu propósito principal. Dessa maneira, para os “amantes” e utilizadores das técnicas de Navegação Astro-

nômica, eis a oportunidade de compreender a fundamentação matemática que está por trás das tábuas e manuais utilizados nessa técnica de navegação. Por fim, citando Coutinho (2001) no seu livro “Trigonometria Esférica – a Matemática de um Espaço Curvo”, *“a trigonometria veio para medir e orientar o caminho até as estrelas e ficou para enriquecer partes da matemática menos voltadas para os céus!”*.

REFERÊNCIAS

- ANJO, A. J. B. (2019). Cálculos de posicionamento usados pelos capitães do bacalhau, no início do século XX. Acessado em: maio/2016.
- BICUDO (2019). A história da geometria euclidiana do antigo Egito às salas de aula. Acessado em: 13/09/2019.
- COUTINHO, L. (2001). Trigonometria Esférica – a Matemática de um Espaço Curvo. Interciência, Rio de Janeiro, RJ.
- LIMA, E. L. (2011). Meu professor de Matemática e outras histórias. SBM, Rio de Janeiro, RJ.
- MIGUENS, A. P. (1999). Navegação: a ciência e a arte – navegação astronômica e derrotas – Vol II. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Niterói, RJ.
- ROQUE, PITOMBEIRA, T. R. e. J. B. P. d. C. (2019). Tópicos de História da Matemática. SBM, Rio de Janeiro, RJ.
- SAMPAIO, J. C. V. (2008). Uma Introdução à Topologia Geométrica. EdUFSCAR, São Carlos, SP.
- SANTOS, R. Américo e OLIVEIRA, J. (2018). Trigonometria Triangular Esférica. RCT- Revista de Ciência e Tecnologia.
- STEWART, J. (2013). Cálculo Vol I. Cengage Learning, São Paulo, SP.
- Wikipedia (2019a). Wikipedia em inglês – trigonometria-esférica. Acessado em: 13/07/2019.
- Wikipedia (2019b). Wikipedia em português – trigonometria-esférica. Acessado em: 15/09/2019.

SOLUÇÃO ANALÍTICA DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS POR ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Waldir J. A. Lobão¹
Marco A. C. Pacheco²

INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento que um número expressivo de projetos de pesquisa realizados por diversas áreas do conhecimento científico utiliza-se de modelos matemáticos que são formulados, parcialmente ou integralmente, por equações diferenciais. No entanto, dada a complexidade dos modelos propostos, os seus formuladores quase sempre se deparam com problemas de difícil solução e com solução analítica desconhecida. Nesta situação, o procedimento usual é a obtenção de uma solução através de métodos numéricos. Contudo, grande parte destes projetos objetivam resultados maiores e usam as equações diferenciais para tentar descrever o comportamento dinâmico de variáveis que são objetos centrais destas pesquisas. Nestes casos, certamente, a solução numérica não é suficientemente completa para dar aos pesquisadores as respostas requeridas para as suas avaliações. Faz-se necessário o conhecimento da solução na sua forma literal, pois esta permite a realização de importantes e diferentes tipos de análises, tais como: estáticas comparativas; conhecimento da magnitude de efeitos parciais e elasticidades; estudos de estabilidade e estacionariedade; etc.

Com a motivação de tentar contribuir com novos métodos que ajudem a dirimir os problemas acima citados, o objetivo principal deste estudo é investigar o potencial de algoritmos computacionais, construídos a partir da combinação das técnicas de diferenciação automática e programação genética (DAPG), na obtenção de soluções analíticas para complexos problemas de equações diferenciais ordinárias (EDOs) e parciais (EDPs). Com essa finalidade, e utilizando o ambiente de programação Matlab, diversos algoritmos foram elaborados e soluções analíticas para diferentes problemas de EDOs e EDPs foram determinadas. Os resultados do trabalho são promissores, com soluções exatas obtidas para a grande maioria dos problemas abordados e que, empiricamente, atestam a consistência e robustez da metodologia desenvolvida.

Para comparar os estudos realizados aos de mesmo gênero existentes na literatura, uma revisão bibliográfica foi realizada e um número significativo de trabalhos foi examinado. Verificou-se que, embora exista uma vasta literatura sobre diferenciação automática (DA) e programação genética (PG), a grande maioria dos trabalhos aborda e aplica estas técnicas de forma separada com outros objetivos. Além disso, dentre os que desenvolvem DA e PG, conjuntamente, são raros aqueles que apresentam estudos sobre a solução de equações diferenciais. Destes, destacam-se os artigos de Burgess (1999), Cao et al. (2000), Iba e Sakamoto (2002), Imae et al. (2004) e Tsoulos e Lagaris (2006). Estes trabalhos serviram de base comparativa na avaliação do desempenho computacional dos algoritmos desenvolvidos e apresentados neste artigo. As comparações foram

¹ Escola Naval – Marinha do Brasil e Fundação IBGE – ENCE. Doutor em Engenharia Elétrica – PUC – Rio.

² Pontifícia Universidade Católica – PUC – Rio. Doutor em Computer Science pela University College of London, UL, Inglaterra.

de fundamental importância, pois possibilitaram perseguir melhores resultados e desenvolver algoritmos mais eficientes e eficazes.

Além desta breve introdução, o artigo apresenta-se organizado em outras três seções. A segunda descreve os aspectos metodológicos do algoritmo de DAPG. A terceira seção apresenta os resultados de duas aplicações de soluções de equações diferenciais por DAPG e na quarta seção são apresentadas as conclusões do trabalho.

ASPECTOS METODOLÓGICOS DO ALGORITMO DE DAPG

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos adotados na elaboração do algoritmo DAPG, desenvolvido para solucionar problemas de equações diferenciais. Em virtude do espaço exíguo, os fundamentos teóricos sobre diferenciação automática e programação genética não serão aqui apresentados, a seção limita-se a descrever os aspectos metodológicos relacionados à estrutura e as etapas de funcionamento do algoritmo. No entanto, para os leitores menos familiarizados com estas técnicas, sugere-se a leitura dos seguintes textos: Rall (1981), Koza (1992), Fink (2007) e Silva (2009).

A estrutura e etapas de funcionamento do algoritmo de DAPG

O algoritmo foi desenvolvido em ambiente de programação Matlab e funciona com dois programas básicos que se completam e trabalham simultaneamente. O primeiro é responsável pela execução da programação genética (PG) e o segundo executa a diferenciação automática (DA) e avalia a aptidão (*fitness*) de cada indivíduo gerado pelo primeiro. Os programas funcionam concomitantemente ao longo de muitas repetições, denominadas de gerações, e finalizam as suas tarefas de acordo com um critério de parada previamente definido. A estrutura de representação da PG é a tradicional em forma de árvore, sendo escolhida por permitir rápida leitura e direta interpretação dos resultados. A parametrização da PG é flexível e possibilita intervir na definição do conjunto de parâmetros que se deseja utilizar na execução do programa. Algumas das possibilidades de parametrização são: (i) Tipos e formas de árvores; (ii) Profundidade mínima da árvore inicial; (iii) Profundidade máxima da árvore (*depth*); (iv) Controle do número de nós (*nodes*); (v) Seleção do conjunto de funções e terminais; (vi) Percentual ou número de indivíduos; (vii) Métodos de seleção para reprodução; (viii) Taxas de crossover e mutação; (ix) Tamanho da população; (x) Diferentes critérios de parada.

Um componente essencial para o funcionamento do programa de PG são os conjuntos de funções e terminais, pois estes são necessários para a criação e reprodução da população de indivíduos e, conseqüentemente, implicam diretamente na geração da solução ótima para o problema. Juntos, funções e terminais definem o tamanho da árvore de representação. O conjunto de funções é composto de operadores e funções matemáticas elementares. O conjunto de terminais é constituído de constantes (números reais, complexos, número p etc.) e das variáveis que compõem a equação diferencial.

A primeira etapa que o programa de PG realiza é a criação da população inicial. Funções e terminais são selecionados aleatoriamente e combinados, dando origem aos indivíduos que compõem a população. No caso específico deste trabalho, cada indivíduo criado é uma função matemática e, portanto, uma possível solução da equação diferencial de interesse. Para a avaliação dos indivíduos recém-criados, é necessário definir uma medida de erro (*fitness*) que avalie a qualidade e aptidão de cada indivíduo. Em virtude de o objetivo ser a solução de equações diferenciais, surge, nesse ponto, a necessidade de um programa de diferenciação automática para, via cálculo diferencial, verificar a qualidade da solução proposta. Para ilustrar como esta tarefa é realizada pelo algoritmo, um exemplo simples é apresentado a seguir.

Suponha que se queira obter a solução do seguinte problema de EDO:

$$y'(x) + 2y(x) = \exp(-2x), \quad \text{com } x \in \mathbb{R} \text{ e} \quad \text{inicial } y(0) = 3. \quad (1)$$

Suponha, também, que a função abaixo seja um indivíduo ou uma solução proposta pela PG.

$$f(x) = 2 + \exp(-2x) \quad (2)$$

Então, logo após a função ser gerada pela PG, a sua qualidade é avaliada. Ou seja, o segundo programa executa diferenciação automática e calcula a derivada de $f(x)$ em cada ponto do domínio definido pelo algoritmo (geralmente uma grade com 50 ou mais pontos de x). Em seguida, gera uma medida de *fitness* que compara os resultados obtidos com o verdadeiro modelo de EDO. Então, de acordo com o exemplo, segue que:

$$f'(x) = -2 \exp(-2x) \quad (3)$$

Aplicando este resultado na EDO, tem-se:

$$f'(x) + 2f(x) - \exp(-2x) = -2 \exp(-2x) + 2[2 + \exp(-2x)] - \exp(-2x) = 4 - \exp(-2x) \neq 0. \quad (4)$$

Observe que $f(x)$ apresenta erro diferente de zero e, necessariamente, não é uma solução exata da EDO de interesse, embora satisfaça a condição inicial, pois

$$f(0) = 2 + \exp(-2 \times 0) = 2 + 1 = 3. \quad (5)$$

Contudo, o algoritmo não trabalha com a diferenciação simbólica da solução proposta, como feito acima, e sim com a derivada avaliada em cada ponto do domínio. Diante disso, a medida de *fitness* escolhida para avaliar a qualidade das soluções propostas pela PG é o, comumente utilizado, erro absoluto médio, acrescido de uma penalidade para o erro da condição inicial ou de outras restrições exigidas pelo problema de interesse. Isto é,

$$fitness = \text{erro absoluto médio} + \text{erro de restrições}. \quad (6)$$

$$fitness = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f'(x_i) + 2f(x_i) - \exp(-2x_i)| \right\} + |f(0) - 3|. \quad (7)$$

Após a avaliação dos indivíduos, feita de acordo com os seus *fitness*, parte daqueles que receberam as melhores avaliações são selecionados para etapa de reprodução e geração da próxima população. Os demais são automaticamente descartados e excluídos do processo. Esta sequência de criação, avaliação, seleção e reprodução se repete ao longo de diversas gerações até que a melhor solução seja encontrada. Portanto, o que o algoritmo realiza ao longo de diversas gerações é tentar criar por PG o indivíduo ou a solução $f(x)$ que minimize o *fitness*. Deve-se ressaltar que, a busca pela solução ótima ocorre de forma evolutiva e a velocidade de convergência depende de algumas importantes etapas, métodos e operadores genéticos que não serão aqui apresentados.

Outro aspecto importante da metodologia são os critérios que definem e elegem a solução analítica de uma equação diferencial pelo algoritmo de DAPG. De acordo com o critério de parada utilizado, o algoritmo funciona até que a última geração seja avaliada e, ao término das gerações, seleciona a melhor solução encontrada, ou seja, aquela que minimiza a medida de erro (*fitness*). A partir deste ponto, a melhor solução encontrada é validada como uma solução final de PGDA se satisfaz os seguintes requisitos: (i) se apresenta baixíssima medida de *fitness*, com valores abaixo de 0,00001; (ii) se satisfaz as condições iniciais e condições de contorno do problema proposto; (iii) se, quando diferenciada pelas regras do cálculo usual, se iguala à equação diferencial proposta em todo o domínio do problema.

Caso uma solução validada apresente *fitness* nulo e satisfaça os demais requisitos com perfeita exatidão, a mesma é considerada como uma *solução analítica exata* do problema proposto, pois esta solução é idêntica à obtida quando se aplica o cálculo diferencial usual, tanto para EDOs quanto para EDPs. Caso contrário, a solução validada é considerada como uma solução analítica aproximada.

EXEMPLOS DE SOLUÇÕES DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS POR DAPG

Nesta seção são apresentados os resultados de duas aplicações, uma para EDO e outra para EDP, que ilustram e ajudam a entender como é obtida a solução de equações diferenciais por DAPG. Contudo, deve-se informar que

mais de 30 problemas foram tratados com o objetivo de testar a eficiência e eficácia do algoritmo, no sentido da obtenção de soluções analíticas exatas.

De forma geral, para as diversas aplicações realizadas, o algoritmo foi parametrizado de acordo com os parâmetros indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parametrização do Algoritmo de DAPG

Parâmetros Básicos do DAPG		Parâmetros Básicos do DAPG	
Gerações	20 a 100	Inicialização	Growinit
População (indivíduos)	30 a 600	Seleção e Reprodução	Lexictour
Funções Elementares	8 a 15	Elitismo	totalelitism
Terminais	5 a 15	Critério de Parada	Nº de Gerações
Variáveis	2 a 6	Taxa de Crossover	Variável
Modo de DA (fixo)	forward	Taxa de Mutação	Variável

O número de gerações variou de 20 a 100 e o tamanho da população de 30 a 600, dependendo do número de variáveis, da ordem de diferenciação, e do tamanho e complexidade da equação diferencial. O número de funções e operações matemáticas elementares variou de 8 a 15, e o número de terminais, variáveis mais constantes, variou de 5 a 15. A inicialização da população, a seleção para reprodução e a técnica de elitismo, para a maioria das aplicações, foram utilizados, respectivamente, os métodos *growinit*, *lexictour*, de acordo com a metodologia proposta por Luke e Panait (2022), e *totalelitism*. As taxas dos operadores genéticos de *crossover* e mutação são variáveis, iniciando com 50% para cada operador. O critério de parada utilizado foi o número de gerações. Foram utilizados conjuntos ou grades de 50 ou mais pontos do domínio da função para a realização das equações.

Exemplo 1: a primeira aplicação aborda a solução da seguinte EDO de 2ª ordem:

EDO:	$y''(x) + 0,3 y'(x) + 25 y(x) = 25,12 + 10x - 1,5 \cos(5x) \exp(-0,3x)$
-------------	---

com $x \in \mathbb{R}$; e condições iniciais $y(0) = 1$ e $y'(0) = 5,4$.

Solução exata obtida:	$y(x) = 1 + 0,4x + \text{sen}(5x) \exp(-0,3x)$
------------------------------	--

Os resultados são apresentados graficamente na Figura 1 – Representação em Árvore da Solução da EDO e na Figura 2 – Gráfico da Função Solução da EDO. Na árvore da Figura 1, a variável independente (x) é representada por ($x = x_1$).

A solução analítica da EDO foi obtida no indivíduo 6031 (*bestsofar*), para uma população de 400 indivíduos e 40 gerações. A solução é exata, conforme mostra *fitness* nulo na Figura 1. A árvore de representação obtida é a mais parcimoniosa possível, com profundidade 6 (*depth*) e 16 nós (*nodes*).

Exemplo 2: a segunda aplicação aborda a solução da seguinte EDP de 2ª ordem:

EDP:	$f_t - f_{xx} = [x - t(4x^3 - 6x)] e^{-x^2}$
-------------	--

com $0 \leq x \leq 1$; $0 \leq t \leq 1$; onde $f_{xx} = \frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial x^2}$; $f_t = \frac{\partial f(x, t)}{\partial t}$; e

condições $f(0, t) = 0$; $f(x, 0) = 0$; e $f_x(1, t) + f(1, t) = 0$.

Solução exata obtida:	$f(x, t) = t x e^{-x^2}$
------------------------------	--------------------------

Os resultados são apresentados na Figura 3 – Representação em Árvore da Solução da EDP e na Figura 4 – Gráfico da Função Solução da EDP. Na árvore da Figura 3, as variáveis independentes x e t são representadas, respectivamente, pelas variáveis ($x = x_1$) e ($t = x_2$).

A solução da EDP foi obtida no indivíduo 1336 (*bestsofar*), para uma população de 50 indivíduos e 50 gerações. A solução analítica encontrada é exata, conforme mostra *fitness* nulo na Figura 1. A árvore de representação obtida é a mais parcimoniosa possível, com profundidade 5 (*depth*) e 9 nós (*nodes*).

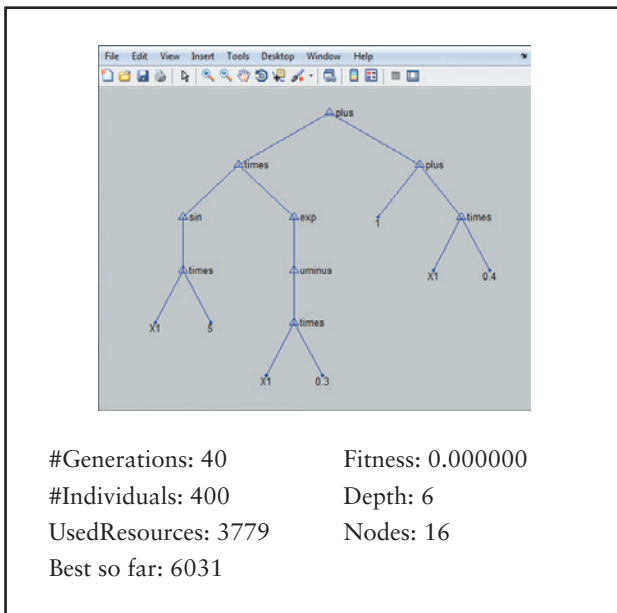


Figura 1. Representação em Árvore da Solução da EDO

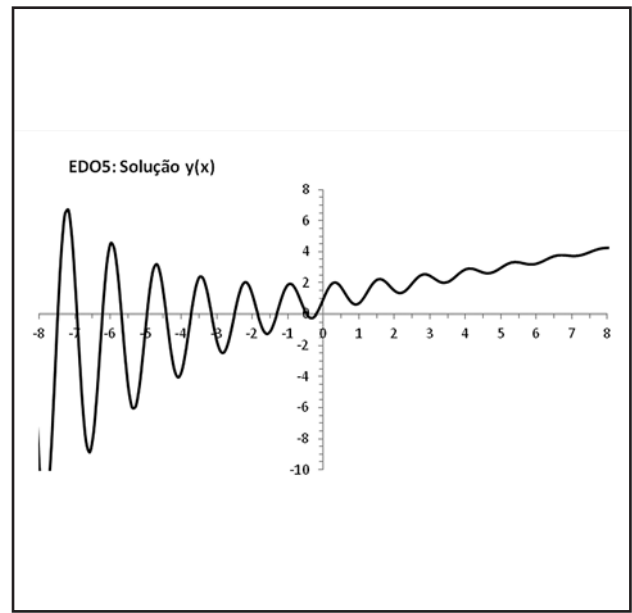


Figura 2. Gráfico da Função Solução da EDO

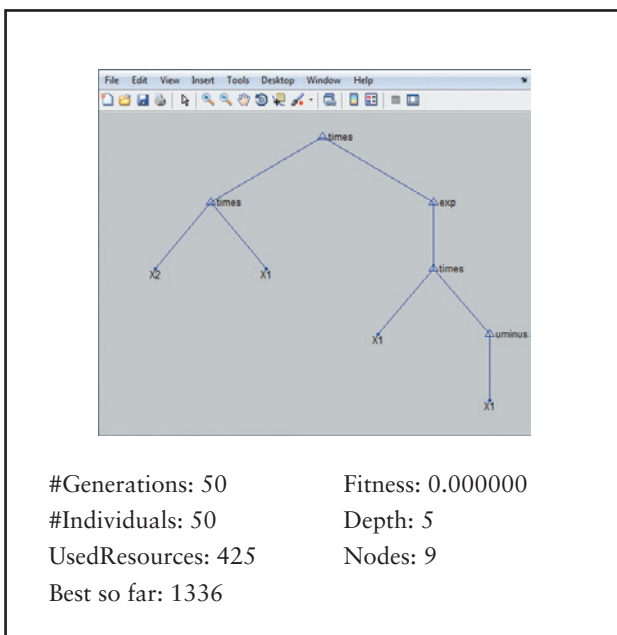


Figura 3. Representação em Árvore da Solução da EDP

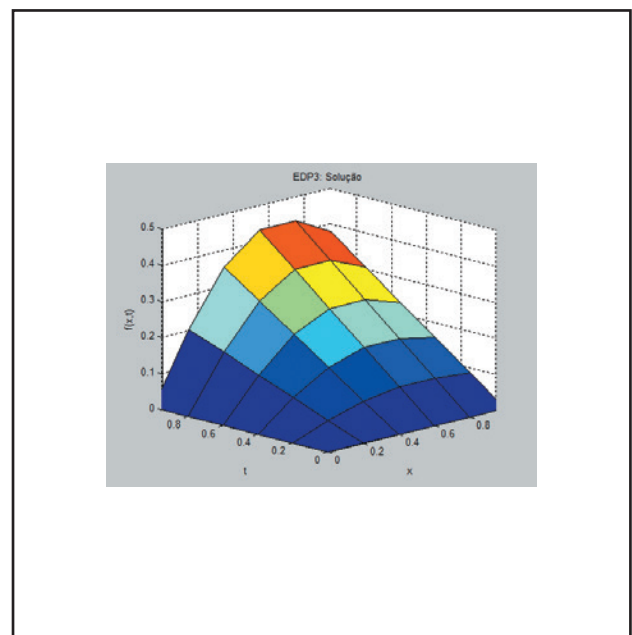


Figura 4. Gráfico da Função Solução da EDP

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como dito inicialmente, o estudo foi realizado com o objetivo de investigar o potencial de algoritmos evolucionários de inteligência artificial, desenvolvidos com a combinação de algoritmos de programação genética e diferenciação automática, na obtenção de soluções analíticas para problemas de equações diferenciais ordinárias e parciais. Acreditamos que o objetivo proposto foi alcançado, pois os resultados das aplicações são muito promissores, com soluções exatas obtidas para a grande maioria dos problemas abordados e que, empiricamente, comprovam a consistência e robustez da metodologia desenvolvida.

É importante informar que todos os problemas de equações diferenciais desenvolvidos neste estudo também foram testados na sub-rotina *DSolver* do programa *Mathematica* e nas *ODE-PDE-Solver Functions* do programa *Matlab*. Os resultados dos testes mostraram que mais de 50% das equações, aproximadamente 16 equações, não foram solucionadas por estes programas, embora tenham sido solucionadas de forma exata e analítica pelo algoritmo de DAPG. Estes resultados são relevantes, pois confirmam a potencialidade do algoritmo. Para finalizar, gostaríamos que o estudo realizado fosse entendido como uma metodologia alternativa e elaborada com a finalidade de auxiliar pesquisadores na difícil tarefa de obter soluções analíticas para complexos problemas de equações diferenciais. Além disso, gostaríamos de informar que estudos semelhantes estão sendo desenvolvidos pelos autores para solucionar problemas equações diferenciais estocásticas (EDE), também com resultados muito promissores. Esperamos, futuramente, apresentar os resultados destes estudos em um novo artigo.

REFERÊNCIAS

- BURGESS, G. *Finding approximate analytic solutions to differential equations using genetic programming*. Surveillance Systems Division, Electronics and Surveillance Research Laboratory, Department of Defense, Australia, 1999.
- CAO, H. et al. *Evolutionary modeling of systems of ordinary differential equations with genetic programming*, Genetic Programming and Evolvable Machines, vol. 1, pp. 309-337, 2000.
- FINK, M. *Automatic Differentiation for MATLAB*, 2007. MATLAB Central, www.mathworks.com/matlabcentral. (Martin Fink, Director of Hewlett-Packard – HP Labs research.)
- IBA, H.; SAKAMOTO, E. *Inference of differential equation models by genetic programming*. Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2002), 2002, pp. 788-795.
- IMAE, J. et al. *Design of nonlinear control systems by means of differential genetic programming*. 43rd IEEE, Conference on Decision and Control. Atlantis, Paradise Island, Bahamas. December 14-17, 2004.
- KOZA, R. J. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection (Complex Adaptive Systems)*. 1992, MIT – Institute Technology. ISBN 0-262-11170-5.
- LUKE, S.; PANAIT, L. *Lexicographic parsimony pressure*. In: Langdon, W.B. et al., editors, Proceedings of GECCO-2002. Morgan Kaufmann (2002) 829-836.
- RALL, L. B. *Automatic Differentiation: Techniques and Applications*. Lecture Notes in Computer Science 120. Springer. ISBN 3-540-10861-0. (1981).
- SILVA, S. A. *Genetic Programming Toolbox for MATLAB*, 2009. Universidade Nova de Lisboa, PO Box 127, 2780-156 Oeiras, Portugal.
- TSOULOS, I. G.; LAGARIS, I. E. *Solving differential equations with genetic programming*. Genetic Program Evolvable Mach (2006) 7: 33-54.

ESTUDO DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO CORPORAL E TESTES DE APTIDÃO FÍSICA EM ASPIRANTES DA ESCOLA NAVAL DA MARINHA DO BRASIL QUE PRATICAM A MODALIDADE ATLETISMO: VELOCISTAS, SALTADORES, FUNDISTAS E LANÇADORES

1^t (RM2-T) *Marcelo Henrique Vinci Borges*¹

INTRODUÇÃO

A proposta do trabalho apresentado originou-se no convívio e na observação da prática de atividade física dos Aspirantes da equipe de Atletismo da Escola Naval da Marinha do Brasil, situada no Rio de Janeiro-RJ. Os militares realizam 2 testes físicos específicos no ano, para verificar o condicionamento e terem um conceito que irá corroborar no índice de oficialato. O teste físico (TF) é composto por corrida (12 minutos), natação (200 metros), barra (máximo) e abdominais (máximo um minuto). Assim, replicando outros estudos, pretendemos, numa amostra do grupo supracitado, estudar as correlações existentes entre o somatótipo, a composição corporal e a performance no TF.

De acordo com a Confederação Brasileira de Atle-

tismo, o esporte atualmente é composto de provas de pista, de campo, provas combinadas, o pedestrianismo, corridas em campo, corridas em montanha e a marcha atlética. O atletismo militar possui competidores com altos níveis de performance, os militares disputam torneios de grandes vultos, como NAVAMAER e Jogos Mundiais de Cadetes.

O físico e a composição corporal são fatores seletivos no desporto. A estatura e o peso corporal são determinantes na condução dos jovens praticantes de atletismo (EIJN et al., 2007). Alguns indicadores antropométricos e a composição corporal são considerados como possuidores de uma forte correlação com a especificidade da modalidade esportiva praticada, bem como com o nível de performance atlética (HEYARD & STOLARCZYK, 1996). Portanto, a fim de verificar a possibilidade de haver alguma correlação entre a performance, via resultados obtidos no TF, e a composição corporal, foram coletados dados de índices corporais, por meio de uma balança de Bioimpedância (BIA) para classificação do método somatótipo e Índice Massa Corporal (IMC).

¹ Oficial temporário da Marinha do Brasil. Técnico da equipe de Atletismo da Escola Naval. Possui bacharelado em Educação Física pela UNICAMP (2010), bacharelado em Ciência da Computação pela Estácio (2022) e superior tecnólogo em Defesa Cibernética pela FIAP (2020).

A avaliação do perfil corporal em populações específicas pode ser feita por vários métodos salientando-se a determinação do somatótipo obtido através da medição de várias medidas corporais – altura, peso, comprimento e perímetros de certos segmentos corporais (SHELDON, 1940), e a análise da composição corporal obtida a partir da mensuração de pregas de adiposidade subcutânea e teste de BIA (JACKSON & POLLOCK, 1982; MALINA et al., 2004).

Atualmente, o somatótipo é o método mais utilizado para a classificação da forma corporal, expressando a combinação de endomorfia, mesomorfia e ectomorfia do indivíduo e, com isso, sua aparência (CARTER, 2005). Nos esportes, o somatótipo pode ser utilizado como ferramenta dos treinadores para a orientação esportiva, assim como na descoberta de talentos (CABRAL et al., 2011). O tipo físico, ou somatótipo, é definido na literatura como uma metodologia que tem por objetivo o mapeamento da morfologia externa dos indivíduos, independentemente dos seus tamanhos, e pretende, essencialmente, descrever a forma do corpo a partir de uma sequência fixa de três números que identificam a endomorfia, a mesomorfia e a ectomorfia (CARTER, 1988).

O endomorfismo expressa a predominância das vísceras digestivas e a tendência para a obesidade; a mesomorfia caracteriza a robustez do esqueleto e o desenvolvimento da musculatura; a ectomorfia traduz-se pela linearidade e a fragilidade da estrutura corporal (QUINTAL et al., 2007). No quadro atlético, a predominância da mesomorfia é fulcral para o desempenho motor na maioria das disciplinas (NORTON & OLDS, 2001).

OBJETIVOS

Realizar testes físicos e aferir medidas referentes à composição corporal constituem importantes e necessárias ferramentas, permitindo controlar e moldar um perfil que alinhe com os objetivos estratégicos, e assim potencializar o desempenho funcional dos militares para as atividades inerentes ao militarismo e modalidades olímpicas, como é o caso do Atletismo no presente artigo. Nesse contexto, há a oportunidade

de se verificar a classificação somatotipológica dentre os atletas que competem em alto nível nas diferentes provas de Atletismo – Velocidade, Fundo, Saltos e Lançamentos. A partir dessa, poder-se-á analisar e extrair inferências sobre os resultados obtidos nos testes físicos realizados pelos atletas militares e se tal composição morfológica apresenta característica importante na performance e no TF específico.

METODOLOGIA

PARTICIPANTES

A proposta do trabalho apresentado originou-se no convívio e na observação da prática de atividade física dos Aspirantes da equipe de Atletismo da Escola Naval da Marinha do Brasil, situada no Rio de Janeiro-RJ. A amostra foi composta de 62 militares Aspirantes da Escola Naval da Marinha do Brasil, praticantes de Atletismo, divididos em 4 grupos (Velocistas = 15, Saltadores = 8, Fundistas = 20 e Lançadores = 19). Os militares realizam 2 testes físicos específicos no ano, a fim de verificar o condicionamento e terem um conceito que irá corroborar no índice de oficialato.

O teste físico (TF) é composto por Corrida (12 minutos), natação (200 metros), barra (máximo) e abdominais (um minuto). Assim, replicando estudos, pretendemos, numa amostra do grupo supracitado, estudar as correlações existentes entre o somatótipo, composição corporal e a performance no TF.

INSTRUMENTOS

Foram utilizadas as instalações esportivas da Escola Naval, localizada na Ilha de Villegagnon, na cidade do Rio de Janeiro, sendo uma pista de Atletismo oficial, um ginásio poliesportivo e uma piscina olímpica.

Para coleta de dados, foram utilizados fita métrica, régua de altura, balança médica Filizola (digital), balança de bioimpedância da Kikos (Taurus – XY6091), *software* Numbers e *software* Microsoft Excel.

As medidas antropométricas aferidas foram massa geral (peso), altura, IMC, cintura, quadril, relação cintura-quadril.

As medidas de bioimpedância (porcentagem) coletadas foram lipídeos, água total, músculo e densidade mineral óssea (DMO).

Os testes físicos foram realizados em instalações esportivas de alto rendimento e aferidas por profissionais qualificados para aplicação dos testes.

PROCEDIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma análise de pesquisa quantitativa. Vale ressaltar que a pesquisa não passou pelo comitê de ética, logo, tem-se efeito apenas para apoio nas tomadas de decisões em âmbito interno.

Dito isso, os Aspirantes realizam dois testes físicos, supracitados, no decorrer do período letivo. Para o presente trabalho, foi utilizado o primeiro teste físico do presente ano, feito no primeiro semestre. Posteriormente, foram realizadas medidas antropométricas e bioimpedância na Equipe de Atletismo, que é subdividida em Velocistas, Saltadores, Fundistas e Lançadores. Com os dados dos testes físicos e morfologia corporal, foram realizadas correlações estatísticas, para gerar conhecimento, a fim

de subsidiar as próximas periodizações de treinamento desportivo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir da estatística descritiva, foram utilizadas a média e as medidas de dispersão (máximo, mínimo, amplitude, desvio padrão e variância).

Tabelas e gráficos de barra e linha, com tais medidas, foram elaborados, para extrair informações, inferências e possíveis conhecimentos.

DISCUSSÃO

Coletados e processados os dados, podemos inferir que temos subgrupos heterogêneos, apresentando diferenças somatotípicas. Tal assimetria pode ser corroborada com a análise quantitativa dos dados, na qual se infere que os velocistas e saltadores apresentaram características mesomórficas; já os fundistas, nuances ectomórficas; e por fim os lançadores, aspectos endomórficos.

A inferência supracitada foi extraída do Gráfico 1, a seguir, que trouxe curvas das médias gerais dos

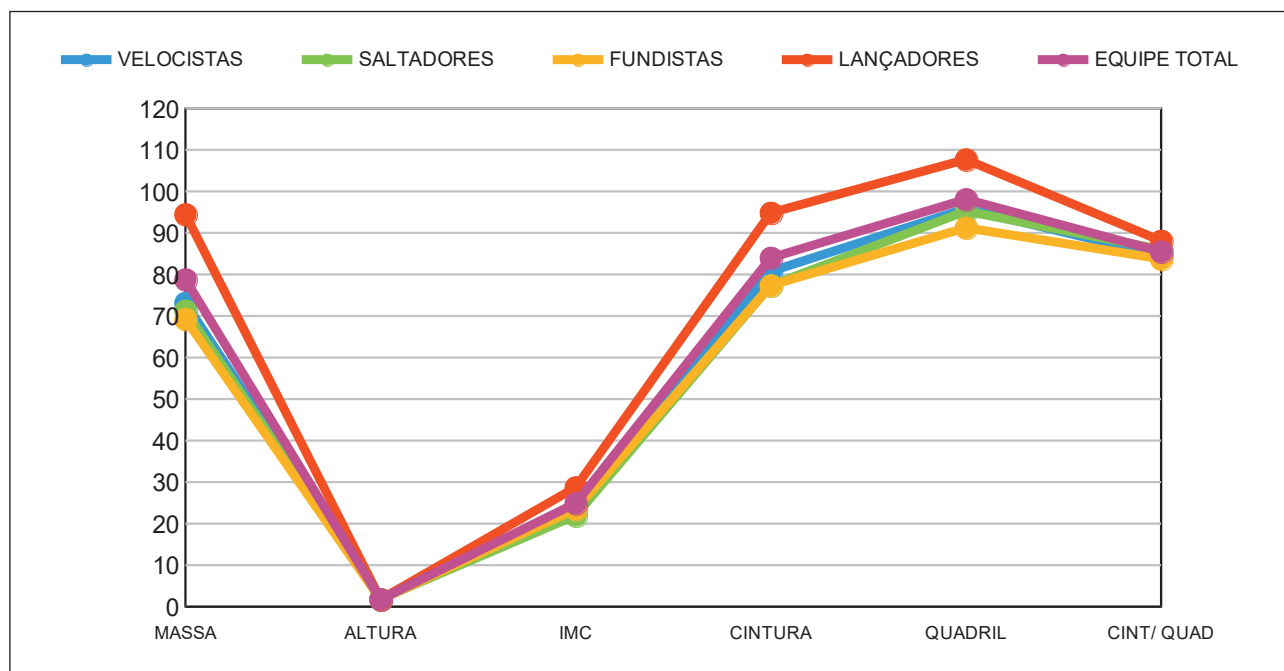


Gráfico 1. Medidas antropométricas

Fonte: Elaborado pelo autor.

dados antropométricos com medidas de dispersão. Nesse, buscou-se, mediante uma curva central, representada pela média geral, realizar uma correlação da dispersão com as médias de cada subgrupo.

Os subgrupos velocistas e saltadores ficaram mais próximos da média geral, os fundistas abaixo e os lançadores acima. Conforme o gráfico, pode-se observar que os velocistas e saltadores tiveram as medidas centrais mais homogêneas, diferentemente dos saltadores e lançadores.

No que concerne às individualidades morfológicas, os dados apresentaram homogeneidade. Podemos evidenciar tal premissa analisando o Gráfico 2. Esse apresentou grande sazonalidade dos dados referente a porcentagens das medidas que representam a água, os músculos e a DMO. A primeira trouxe medidas de dispersão com baixos níveis, tanto o desvio padrão quanto a variância, embora houvesse uma leve discrepância na medida referente aos lipídeos, na qual se pode observar que os lançadores apresentaram uma taxa maior em relação aos demais subgrupos, segundo a barra correspondente aos lipídeos visualizada no gráfico de barras a seguir.

Correlacionando-se os testes físicos, abdominal e barra, apresentaram dados análogos para todos os subgrupos, com desvio padrão e variância baixos e congruentes. Logo, a individualidade morfológica e somatótípica não interferem significativamente no resultado. Porém, tanto na corrida quanto na natação, tivemos grande variabilidade nos resultados, facilmente visualizada no Gráfico 3.

Os lançadores tiveram o melhor desempenho na natação e o pior nas demais. Já os velocistas e fundistas marcaram resultados muito próximos, exceto na corrida que é de fato de resistência, favorecendo estes. Por fim, os saltadores ficaram próximo da média geral.

No que tange a composição corporal e resultados obtidos nos testes físicos, levando-se em consideração a especificidade da modalidade esportiva praticada, bem como o nível de performance atlética, podemos verificar que o índice de lipídeos foi o que apresentou maior ponderação nos resultados dos testes físicos que necessitam maior dominância da capacidade física resistência. Entretanto, no meio aquático, não mostrou relevância.

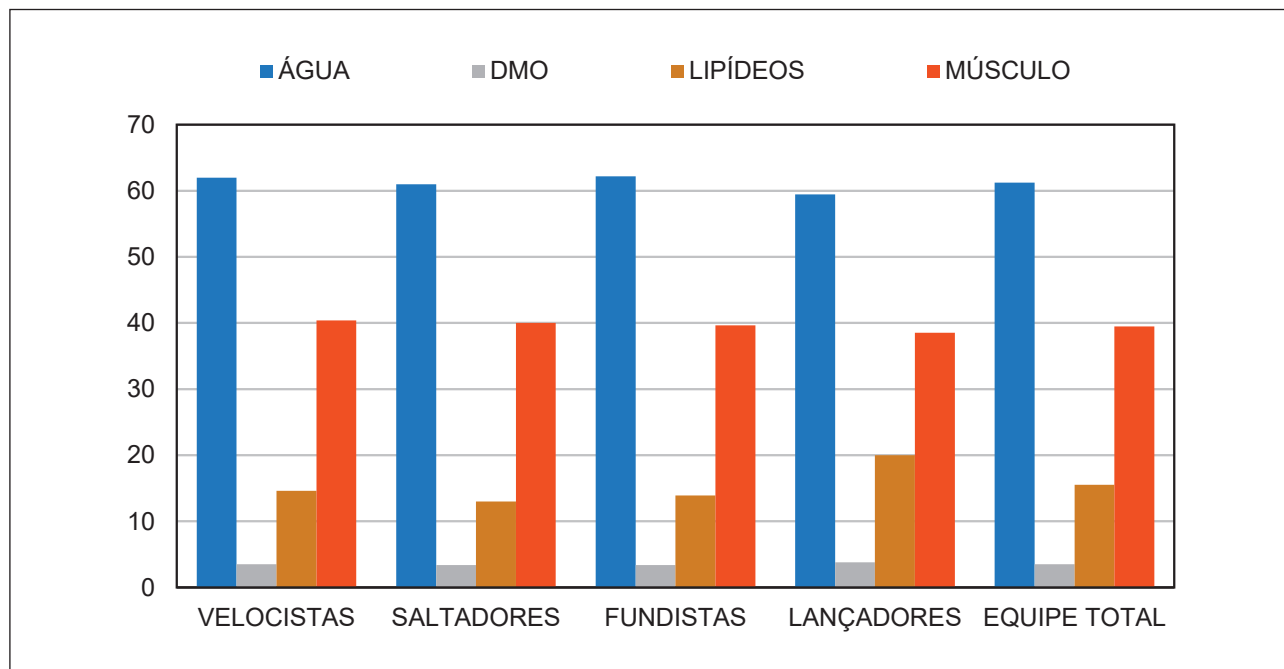


Gráfico 2. Medidas de bioimpedância

Fonte: Elaborado pelo autor.

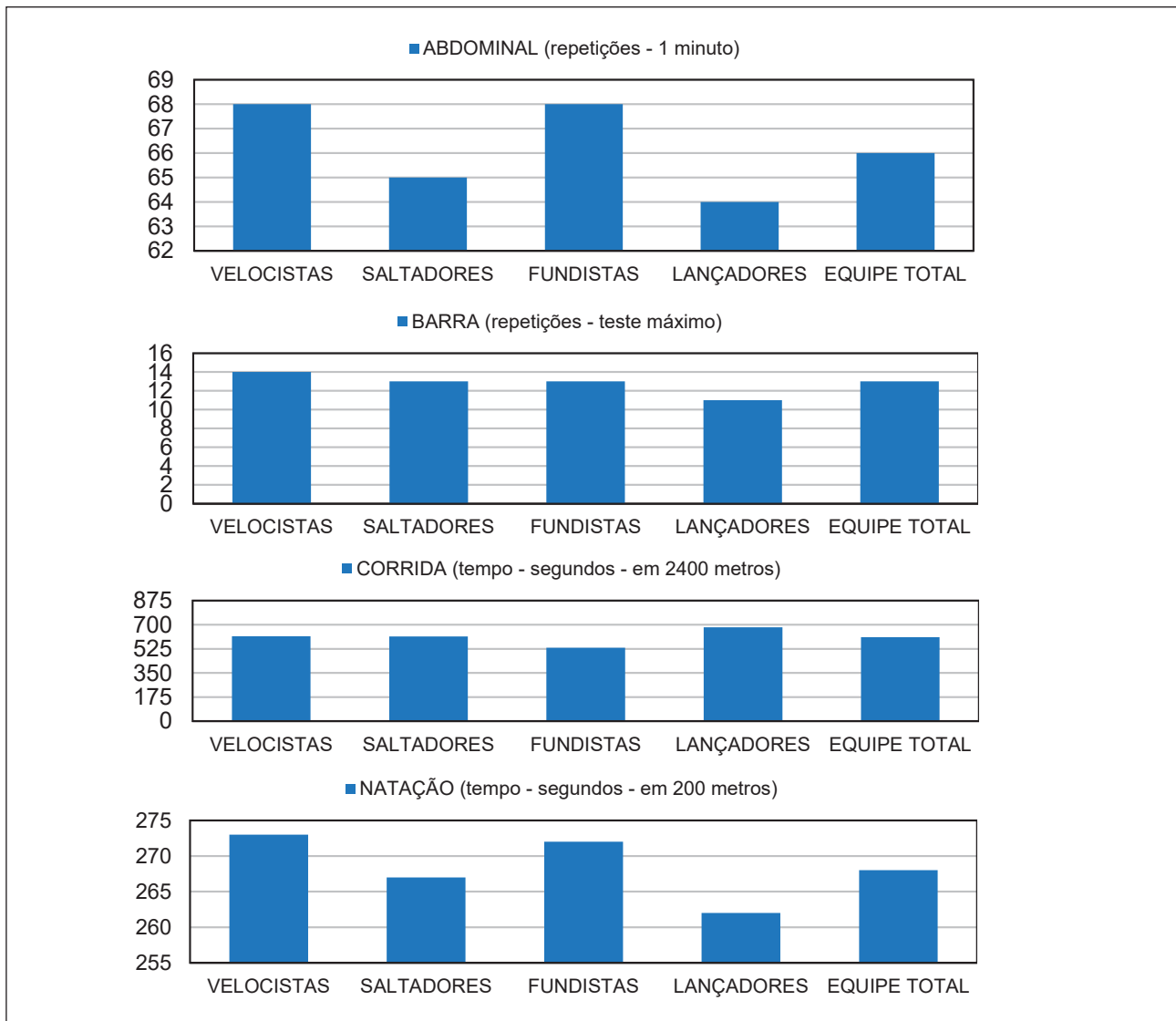


Gráfico 3. Testes físicos
 Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Os fatores associados à composição corporal têm sido igualmente bastante estudados, sendo que uma baixa percentagem de gordura corporal e uma elevada quantidade de massa magra são encaradas como desejáveis em corredores de velocidade, além de outras modalidades (HEYARD & STOLARCZYK, 1996). No entanto, de forma decorrente da reduzida variabilidade, se verifica relativamente tal parâmetro em sujeitos altamente treinados (JACKSON & POLLOCK, 1982), fator que norteou o presente trabalho.

O presente artigo, com viés analítico quantitativo, fez-se necessário, devido à utilização do somatótipo ser um fator de discriminação atlética ao mais elevado nível competitivo, em que a variabilidade somatotípica é reduzida, sendo, portanto, um fator considerável para justificar eventuais diferenças de performance (KUKOLJ et al., 1999).

A pesquisa apontou que os velocistas e saltadores possuem características mesomórficas, fundistas têm tendência ectomórfica e lançadores são endomórficos, alinhando-se com outras pesquisas científicas, como o trabalho de CARTER & HEATH (1990), que apontou que atletas velocistas de atletismo são classificados

com elevados níveis do componente de mesomorfia e reduzidos níveis de endomorfia e ectomorfia.

Os atletas apresentaram uma tendência para somatótipos razoavelmente similares, exibindo, ainda, uma dimensão de variabilidade maior quando comparados com a população em geral. O estudo de ARMSTRONG (2013) também apontou que as características morfológicas dos atletas se desviam da população normal.

Indivíduos endomórficos geralmente apresentam uma morfologia mais robusta, propiciando maior tendência de acúmulo de lipídeos. À exceção dos lançadores, os atletas de atletismo tendem a apresentar valores razoáveis de endomorfia, valores elevados de mesomorfia e alguma variação na ectomorfia (BAXTER-JONES et al., 2002), evidência análoga aos resultados do presente trabalho.

Em suma, os dados apontados trouxeram correlações importantes entre as características morfológicas, composição corporal e performance. Dessa forma, coletar, processar e extrair informação faz-se necessário, a fim de apoiar uma melhor tomada de decisão na elaboração de uma periodização, pois será possível alinhar com objetivos, traçar novas metas quando necessário e, conseqüentemente, elevar o desempenho físico dos atletas.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, N. Developing of the Elite Young Athlete. *Journal of Physical Activity, Sports and Exercise*. 2013; 1(1): 1-8.

BAXTER-JONES, A; THOMPSON, A; MALINA, R. Growth and Maturation in Elite Female Athletes. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2002; 10: 42-49.

CABRAL, B.G.; CABRAL, S.A.T.; MIRANDA H.F.; DANTAS, P.M.S.; REIS, V.M. Efeito discriminante da morfologia e alcance de ataque no nível de desempenho em voleibolistas. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2011, v. 13, n. 3, p. 223-229.

CARTER, J. Part 1: *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype. Somatotype Instruction Manual*. San Diego, CA, 1988.

CARTER, J. Somatotipo. In: NORTON, K; OLDS, T. *Antropométrica: um livro sobre medidas corporais para o esporte e cursos da saúde*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CARTER, J.; HEATH B.H. *Somatotyping-Development and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

HEYARD, V.H.; STOLARCZYK L.M. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1996.

EIIN, W.J.; FLYGER, N.; WILSON, N. Somatotypes of young Malaysian track and field athletes. *Asian Journal of Exercise & Sports Science*. 2007, Vol. 4 Issue 1, p. 29-35.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Steps Toward the development of generalized equations for predicting body composition of adults. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 1982; 7: 189-196.

KUKOLJ, M. et al. Anthropometric, strength, and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 39, n. 2, 1999.

MALINA, R.M.; EISENMANN, J.C.; CUMMING, S.P. et al. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *Eur J Appl Physiol* 91, 2004.

NORTON, K.; OLDS, T. (ed.). *Antropométrica*. Argentina: Biosystem, 2005.

SHELDON, WH; STEVENS, SS; TUCKER, WB. *The Varieties of Human Physique*. New York: Harper and Brothers, 1940.

QUINTAL, A.J. et al. Aspectos morfológicos e funcionais do atleta infante-juvenil madeirense: Estudo em praticantes de andebol, basquetebol, futebol e voleibol. In: QUINTAL, A.J. et al. (ed.). *O atleta infante-juvenil madeirense*. Viséu: Tipografia Guerra, 2007. p. 251-355.



ESCOLA NAVAL

MARINHA DO BRASIL

ASPIRANTES DA ESCOLA NAVAL RECEBEM AS BOAS-VINDAS AO CORPO DA ARMADA

No dia 28 de março, 105 Aspirantes do 3º ano do Corpo da Armada visitaram o Comando em Chefe da Esquadra.

Os Aspirantes foram recebidos pelo Comandante em Chefe da Esquadra, Vice-Almirante Edgar Luiz Siqueira Barbosa, e pelo Chefe de Estado-Maior da Esquadra, Contra-Almirante Antonio Braz de Souza.

A visita teve o objetivo de familiarizar os Aspirantes com as atividades desempenhadas pelos Oficiais do Corpo da Armada a bordo dos meios da Esquadra, bem como motivá-los para a Carreira Naval.

Durante a manhã, tiveram a oportunidade de assistir a uma apresentação sobre a conscientização situacional marítima no Centro de Operações da Esquadra (COE), participar de adestramento de navegação no Simulador Integrado de Combate do Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão (CAAML), e realizar exercício de abordagem pelo Grupo de Visita e Inspeção/Grupo de Presa (GVI/GP), a bordo da Fragata Independência.

As atividades foram acompanhadas pelo Diretor-Geral do Pessoal da Marinha, Almirante de Esquadra Claudio Henrique Mello de Almeida, que proferiu palavras de incentivo aos jovens Aspirantes e participou do almoço de confraternização realizado no espaço de convívio da Base Almirante Castro e Silva (BACS).

No período da tarde, os Aspirantes acompanharam um exercício de Transferência de Óleo no Mar entre o Navio-Tanque Almirante Gastão Motta e a Fragata Independência, atracados na Base Naval do Rio de Janeiro (ATRAQUEx).



Aspirantes reunidos com autoridades no espaço de convívio da BACS



Adestramento de Navegação realizado no SICOMB III. Equipe de navegação fazendo plotagem de posição na carta náutica

VO JOÃO DAS BOTAS APOIA AS AULAS DE NAVEGAÇÃO DOS ASPIRANTES

No dia 22 de abril, foi realizada aula prática de Navegação Astronômica com os Aspirantes do 4º Ano a bordo do VO João das Botas.

Além das instruções de Vela e Marinharia, que ocorrem diariamente, o Navio passou a apoiar os Aspirantes com aulas práticas de familiarização do uso do sextante embarcado.



Aula prática de navegação astronômica com o CF (RM1) Rocha Lima



Ex-tripulantes ilustres velejam no Veleiro Oceânico *Brekelé*



VA Rohwer, CA Cantarin, CA José Claudio, CA Gaio e CA Jaques no VO *Brekelé*, juntamente com integrantes do Grêmio de Vela da Escola Naval

VELEIRO OCEÂNICO *BREKELÉ* REALIZA UMA DE SUAS ÚLTIMAS VELEJADAS PELA ESCOLA NAVAL

No dia 17 de maio, o Veleiro Oceânico *Brekelé* realizou uma de suas últimas velejadas nas águas da Baía de Guanabara como uma embarcação pertencente ao Grêmio de Vela da Escola Naval (GVEN). Os Ex-tripulantes, VA Rohwer, CA Cantarin, CA José Claudio, CA Gaio e CA Jaques, puderam vivenciar pela última vez a emoção de velejar no barco que os acompanhou durante toda a formação na Escola Naval.

Depois de 35 anos de muitas histórias em seu *cockpit*, a embarcação encerra o seu ciclo de muito adestramento e aprendizado para diferentes gerações de Aspirantes.

O Veleiro *Brekelé* foi doado à Escola Naval em 1988 e desde então acumulou diversos títulos em regatas para a Escola Naval.

PELOTÃO FEMININO DA ESCOLA NAVAL CONQUISTA O 1º LUGAR NA CORRIDA DO CFN

No dia 28 de maio, ocorreu a 35ª Corrida do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) no Aterro do Flamengo. O evento contou com a participação dos Aspirantes da Escola Naval no pelotão militar velocidade feminino (5 km) e masculino (10 km).

No pelotão feminino, as Aspirantes da EN se destacaram na distância de 5 km, conquistando assim o 1º lugar com o tempo de 28'37", seguido pelo Hospital Naval Marcílio Dias com 29'16" e a Diretoria de Saúde da Marinha com 29'45".

Milhares de corredores individuais e mais de 100 pelotões militares prestigiaram a competição que integra o calendário de comemorações do aniversário do CFN. Anualmente, a corrida é promovida pelo Corpo

de Fuzileiros Navais e organizada pelo Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes (CEFAN).



Contra-Almirante Adriano Marcelino BATISTA, Comandante da EN, realiza a premiação

ESCOLA NAVAL SEDIA X ENCONTRO PEDAGÓGICO DO ENSINO SUPERIOR MILITAR

No período de 28 a 30 de agosto, a Escola Naval sediou o X Encontro Pedagógico do Ensino Superior Militar (EPESM). Nesta edição, o tema “O ensino superior militar e os desafios da atualidade – cenários, avanços, inteligência artificial e oportunidades de melhoria” fomentou debates e a integração entre as escolas de ensino superior militar.

O Vice Chefe de Educação e Cultura (VCHC), Brigadeiro do Ar José Augusto Peçanha Camilo, destacou a importância do encontro: “O objetivo principal é aumentar a interação entre as escolas de ensino superior militar e, agora, recentemente também com foco nas Escolas subordinadas ao Ministério da Defesa, a Escola Superior de Guerra e a Escola Superior de Defesa. Essa aproximação também está ligada ao objetivo estratégico que foi atribuído à nova Chefia de Educação e Cultura, que é promover o fortalecimento dos estudos de defesa na sociedade brasileira”.



Participantes do X EPESM no último dia do encontro

No Encontro, que contou com cerca de 600 participantes como audiência presencial e *online*, foram realizadas palestras de diversas áreas do conhecimento com foco no desafio futuro na formação superior militar.

O evento visa estimular a adequação do ensino às metodologias modernas adotadas no país e no mundo, respeitando-se valores e características do militar, buscando a contribuição de pesquisadores das áreas de interesse da Defesa para análise e o aprimoramento das práticas desenvolvidas nas escolas.

CORPO DOCENTE DA ESCOLA NAVAL REALIZA VISITAS AO CIANB E CIASC

Nos dias 5 e 6 de setembro, o corpo docente da Escola Naval realizou visitas acadêmicas ao Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo e ao Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga.

Durante a atividade, os instrutores, professores, pedagogos e profissionais ligados à educação tiveram a oportunidade de conhecer a estrutura educacional desses centros, bem como os cursos oferecidos, programas de ensino à distância, interagir com os simuladores e se inteirar das múltiplas atividades que ocorrem nesses ambientes.

Essa iniciativa corrobora com os Encontros Pedagógicos promovidos pela Escola Naval, que buscam constantemente aprimorar a qualidade do ensino oferecido.

As visitas acadêmicas desempenham um papel crucial na familiarização e atualização dos docentes, capacitando-os com as melhores práticas e conferindo continuidade e coerência pedagógica ao itinerário formativo dos oficiais graduados na EN, além de reafirmar o compromisso com a excelência educacional e a formação de lideranças.



Visita ao Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo



Corpo Docente no Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga





