

FRAGATAS CLASSE *TAMANDARÉ* – Uma solução disruptiva

RODRIGO CHAGAS PESTANA*
Capitão-Tenente

CHRISTIAN TOSHIO ITO**
Primeiro-Tenente

SUMÁRIO

Contexto Geopolítico
As novas tendências na Guerra Naval
Fragatas Classe *Tamandaré*, uma nova concepção
A renovação tática a partir das FCT
Conclusão

CONTEXTO GEOPOLÍTICO

O mundo atual vive uma série de transformações, umas sensíveis, outras nem tanto.

Alguns analistas do ramo da ciência geopolítica afirmam que estamos vivenciando um processo de desglobalização mundial, o que afetará, em maior escala,

os países em desenvolvimento, extremamente dependentes de tecnologia de ponta exportada pelos mais desenvolvidos.

Há mais de dois anos, iniciou-se uma ofensiva expansionista, ainda em curso, promovida pela Federação Russa contra o território ucraniano, que nem o mais preparado geopolítico consegue precisar a data de término, tampouco os termos finais

* Encarregado-Geral do Armamento da Fragata *Tamandaré*.

** Encarregado da 2ª Divisão da Fragata *Tamandaré*.

aos quais as nações envolvidas no conflito serão submetidas. A Ucrânia, país com população e recursos financeiros destinados à Defesa inferiores, se comparada com a Rússia, tem seu esforço de guerra financiado por recursos das nações integrantes da Organização do Tratado do Atlântico Norte (Otan). Contudo, e tendo como base o princípio da escassez que rege a economia, o custo por este empréstimo está sendo pago pelos cidadãos americanos e europeus, que começaram a demonstrar insatisfação com seus governos, uma vez que tal fato contribuiu para uma inflação monetária. A Ucrânia, fazendo uso dos empréstimos estrangeiros, teve acesso a armas e equipamentos de primeiro mundo, porém não deixou de usar a criatividade no ambiente de batalha. No ambiente marítimo, por exemplo, consolidou a utilização de veículos remotamente controlados, como podemos constatar na notícia “Um navio de patrulha russo foi afundado no Mar Negro após ser atacado por drones marítimos, segundo a Inteligência ucraniana”¹.

Na mesma janela temporal, em dezembro de 2023, os Houthis, grupo armado e político do Iêmen, realizou o primeiro ataque a um navio mercante que intencionava cruzar o Mar Vermelho. Algumas outras ações ofensivas sucederam-se, todas em importante linha de comunicação marítima mundial, que passou a estar sob constante ameaça, e, para combater o grupo não estatal, uma Combined Task Force (CFT) foi designada para aquela região, composta por navios militares de Marinhas de países integrantes da Otan. Para cumprir suas tarefas, realizaram ações de Defesa Aeroespacial Passiva, bem como conduziram ataques contra os

Houthis, escoltando, inclusive, os navios mercantes ameaçados na derrota descrita.

Os dois exemplos de conflitos supracitados, com confronto no ambiente marítimo, são a constatação dos desafios geopolíticos e de Defesa que estão por vir e que, somados à intensificação da “desglobalização”, podem resultar em políticas nacionais que engendrem o estabelecimento de prioridades no setor de Defesa. Tal sentimento de insegurança global, somado à escalada da inflação sentida nos bolsos dos cidadãos, o crescente e “impagável” endividamento público e as diversas crises imigratórias podem ser as causas para uma possível falta de apoio popular para que países mais bem preparados no setor de Defesa não entrem em conflitos armados sem que estejam diretamente envolvidos. Faz-se mister, então, um desenvolvimento nacional de mentalidade de Defesa.

AS NOVAS TENDÊNCIAS NA GUERRA NAVAL

A guerra naval está em um processo de transformação acelerada, impulsionada tanto pelos avanços tecnológicos quanto pelas dinâmicas geopolíticas em evolução. O conceito de domínio do mar está mudando rapidamente, à medida que as operações navais modernas transcendem o combate tradicional de superfície, submarino e aeronaval para incluir dimensões como o ciberespaço e o espectro eletromagnético. Esse novo cenário exige das Marinhas uma adaptação contínua para enfrentar ameaças complexas e interconectadas, em que a integração de capacidades multidomínio se torna essencial para a projeção de poder e defesa de interesses estratégicos.

1 Fonte: <https://www.naval.com.br/blog/2024/03/05/guerra-na-ucrania-navio-da-frotado-mar-negro-da-russia-afundado-em-ataque-de-drones-diz-kiiev/>.

A guerra híbrida, que combina operações convencionais e irregulares e táticas cibernéticas e de guerra de informação, também está moldando o ambiente naval contemporâneo. O conflito entre Rússia e Ucrânia destaca essas novas tendências, em que táticas assimétricas, como o já citado uso de drones navais e ataques cibernéticos, têm desempenhado um papel fundamental nas operações no Mar Negro. Essa guerra revelou que a supremacia naval não depende apenas da superioridade em número ou poder de fogo, mas da capacidade de operar em um campo de batalha contestado e tecnologicamente avançado.

Além disso, a relevância de regiões estratégicas, como o Ártico e o Mar do Sul da China, está elevando a importância das operações navais em contextos geopoliticamente sensíveis. Essas áreas são caracterizadas por disputas de soberania, rotas comerciais cruciais e abundância de recursos naturais, exigindo das Marinhas uma postura mais ativa e vigilante. O controle dessas regiões implica o desenvolvimento de novas capacidades, como mísseis guiados de longo alcance, sistemas avançados de guerra eletrônica e capacidade de operar sob ameaça constante de ataques assimétricos.

Esse contexto coloca a guerra naval no centro das estratégias de segurança global e regional, demandando que as Marinhas modernas não apenas acompanhem os desenvolvimentos tecnológicos, mas também integrem novos conceitos de operação para garantir a superioridade no mar.

O Impacto dos Desenvolvimentos Tecnológicos – Veículos Não Tripulados e Autônomos

Podemos notar, analisando os atuais combates marítimos, uma grande mudança tática, prioritariamente utilizada pelas nações menos desenvolvidas e por entidades não estatais, que é a utilização de USV (Unmanned Surface Vehicles). Os grandes avanços tecnológicos nas áreas de robótica, inteligência artificial (IA), nanotecnologia e automação fizeram com que o conceito “custoso, complexo e multitarefa”, característico de um portentoso navio de guerra, fosse, em algumas situações, superado em combate pelo conceito “barato, simples

e muitos”, introduzido pela aplicação dos USV no teatro de operações marítimo. Principalmente no conflito Rússia x Ucrânia, em que a utilização destes veículos autônomos passou a ser observada em larga escala, nota-se que USV, cus-

tando cerca de USD 500,00, causaram danos, em alguns casos irreparáveis, em meios de guerra de milhões de dólares.

Além da utilização de USV, e agora falando mais especificamente do conflito no Mar Vermelho, os Houthis estão fazendo com que uma Força Marítima da Otan, com meios da US Navy, desenvolva aquilo que o Captain Hughes definiu, no Fleet Tactics (segunda edição), como Operações Conjuntas Costeiras, mencionando ser uma fraqueza dos Estados Unidos da América (EUA). Neste conflito, observamos mísseis superfície-ar sendo

A guerra híbrida, com operações convencionais e irregulares e táticas cibernéticas e de guerra de informação, molda o ambiente naval contemporâneo

lançados por destróieres da classe *Arleigh Burke* para se contraporem a armamentos muito mais baratos operados pelos *Houthis*. Observamos, portanto, discrepância grande no custo do esforço de guerra.

Podemos afirmar então que os veículos não tripulados e autônomos (Unmanned Systems) representam uma das transformações mais disruptivas na guerra naval contemporânea. A rápida evolução dessas tecnologias é resultado da convergência de desenvolvimentos em robótica, IA, sensores avançados e transmissão de dados. Esses sistemas, divididos entre veículos de superfície (VSNT), subaquáticos (UUV) e aéreos (Vant), estão redefinindo as operações navais, fornecendo novas capacidades em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), guerra antissubmarina (AS), contramedidas de minagem (CMM) e ataques com armas letais contra alvos de superfície e aéreos.

Os veículos não tripulados oferecem vantagens estratégicas significativas em ambientes de combate naval, especialmente em zonas contestadas e de alto risco. Ao remover a necessidade de tripulação humana, esses sistemas podem ser implantados em áreas de operações altamente perigosas sem expor vidas humanas. Além disso, seu custo relativamente baixo, em comparação com plataformas tripuladas, permite que as Marinhas distribuam esses sistemas em maior número, criando uma rede de sensores e armas que pode operar de maneira distribuída e colaborativa.

A integração da inteligência artificial nesses veículos autônomos é um fator-chave que potencializa sua letalidade e eficácia operacional. Conceitualmente,

a IA transforma esses sistemas em agentes capazes de tomar decisões autônomas em tempo real, com base em grandes volumes de dados processados em frações de segundo. Esse processo, conhecido como *machine learning*, ou aprendizado de máquina, permite que os sistemas ajustem suas respostas e táticas conforme o ambiente operacional muda, garantindo que as missões sejam cumpridas mesmo diante de imprevistos ou contramedidas inimigas.

A IA desempenha um papel crucial na capacidade dos veículos autônomos de operar em campos de batalha contestados e complexos. Em ambientes de guerra naval, onde as condições operacionais podem mudar rapidamente devido à

presença de múltiplos atores, interferências eletrônicas e complexidade geográfica (como áreas litorâneas e arquipélagos), a capacidade de processar informações e adaptar táticas em

tempo real é um diferencial decisivo. A IA permite que veículos autônomos identifiquem, classifiquem e priorizem alvos com alta precisão, minimizando a probabilidade de erro humano e aumentando a eficiência em combate.

Além disso, a IA possibilita a coordenação de múltiplos veículos autônomos em formações de “enxame” (*swarming*). Neste conceito, diversos veículos operam em sincronia, compartilhando dados em tempo real e executando manobras coordenadas para sobrecarregar as defesas inimigas. Essa tática é particularmente eficaz contra sistemas de defesa costeira e grandes frotas navais, uma vez que o enxame pode atacar de várias direções

**Veículos não tripulados
oferecem vantagens
estratégicas significativas,
especialmente em zonas
de alto risco**

simultaneamente, dificultando a interceptação. O uso de IA para gerenciar esses enxames permite que as missões sejam realizadas de forma autônoma, mesmo em situações em que a comunicação com o sistema de Comando e Controle (C2) seja interrompida por Medidas de Ataque Eletrônico (MAE).

Outro impacto conceitual relevante da IA em veículos autônomos é sua capacidade de operar em ambientes de acesso negado (Anti-Access/Area Denial, ou A2/AD). Essas zonas, frequentemente caracterizadas por um alto nível de defesa integrada com sistemas de mísseis antinavio, guerra eletrônica e bloqueio de GPS, representam um dos maiores desafios para as operações navais modernas. A IA, nesse contexto, capacita os veículos autônomos a navegarem e a realizarem missões mesmo sob intensa interferência, utilizando algoritmos que permitem navegação inercial, processamento de dados locais e aprendizado preditivo.

Os desenvolvimentos em IA e a proliferação de veículos autônomos estão forçando uma revisão nas doutrinas navais tradicionais. Enquanto as frotas convencionais ainda desempenham um papel crucial, o futuro da guerra naval tende a ser cada vez mais focado na integração de forças distribuídas que combinam plataformas tripuladas e não tripuladas em um conceito de Guerra Centrada em Redes (GCR). Isso significa que as Marinhas precisarão adaptar suas táticas para incluir veículos autônomos em suas formações e desenvolver contramedidas para lidar com a crescente ameaça que esses sistemas representam.

Neste contexto complexo, o Brasil, mais especificamente a Marinha do Brasil (MB), vem se desvencilhando da carência de meios modernos. O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub) e o Programa de Fragatas Classe *Tamandaré* (PFCT), o qual será abordado com maior profundidade neste artigo, são exemplos notórios do pioneirismo da nossa Marinha e da demonstração de poder no Atlântico Sul. Desta forma, o Brasil possuirá meios extremamente tecnológicos e capazes de se contraporem às mais diversas ameaças, que, atualmente, vêm se mostrando extremamente letais e danosas nos combates costeiros.

As fragatas classe *Tamandaré* (FCT), navios-escolta no estado da arte, serão concebidas em um momento muito oportuno, em que a Esquadra passa por um processo de renovação tecnológica. Esses novos meios navais serão

Os desenvolvimentos em IA e a proliferação de veículos autônomos estão forçando revisão nas doutrinas navais tradicionais

empregados, entre outras tarefas, na patrulha das águas jurisdicionais brasileiras, o que, além de cumprir uma das tarefas do Poder Naval, mostrará o poder combatente da MB para os países limítrofes ao entorno estratégico brasileiro e poderá ser um vetor para a consolidação da hegemonia brasileira no Atlântico Sul. Sem sombra de dúvidas, as grandes capacidades operativas das FCT – prover apoio a um comboio no mar, combate à pirataria, apoio às operações de retomada e resgate e elevado poder combatente contra ameaças de superfície, aérea e submarina – farão com que a Esquadra brasileira seja uma forte aliada em um possível conflito na porção meridional do Atlântico.

Lições da Guerra da Ucrânia

A Importância das Redes de Sensores Distribuídas

A Guerra da Ucrânia destacou a importância da consciência situacional em tempo real, fornecida por redes de sensores distribuídos. No domínio naval, isso se traduz na integração de sistemas de sensores que podem agregar dados de várias fontes – satélites, veículos de superfície e aéreos não tripulados, meios navais e aeronavais – para fornecer uma compilação do quadro tático abrangente.

Esse desenvolvimento representa uma mudança na doutrina tradicional de combate naval, em que a superioridade era obtida principalmente pelo número de meios e poder de fogo. Hoje, a capacidade de obter, processar e disseminar informações rapidamente é tão crucial quanto a força bruta. O conceito de Network-Centric Warfare (GCR em português) está sendo refinado à medida que as Marinhas adotam plataformas interconectadas, criando redes resilientes e redundantes capazes de operar em ambientes disputados.

Operações Costeiras e a Importância do Teatro Litorâneo

As operações costeiras (litorâneas) tornaram-se um ponto focal na guerra naval contemporânea. A Guerra da Ucrânia, com seu teatro de operações no Mar Negro e no Mar de Azov, ilustrou os desafios e as oportunidades das operações litorâneas. As áreas litorâneas são caracterizadas por alta densidade de tráfego, presença de múltiplos atores civis e militares e geografia complexa, que favorece o uso de forças assimétricas.

A capacidade de operar em águas litorâneas exige uma combinação de alta mobilidade, discrição e poder de fogo preciso. Os navios-escolta de me-

nor dimensão (como as fragatas leves), navios de assalto anfíbio e submarinos diesel-elétricos silenciosos desempenham papéis cada vez mais importantes nesse ambiente, complementando as forças navais tradicionais e adicionando uma camada de flexibilidade operacional.

O Uso de Drones Navais no Mar Negro como Ponto de Inflexão

Um dos momentos decisivos nas operações navais no Mar Negro durante a Guerra da Ucrânia foi o uso inovador de drones navais pela Ucrânia. Em uma série de ataques coordenados, os VSNT ucranianos conseguiram atingir navios russos de maior porte e instalações portuárias, desafiando diretamente o poder naval russo na região.

Esses ataques, realizados com VSNT modificados do modelo Magura V para serem carregados com explosivos, demonstraram a eficácia do uso de plataformas não tripuladas para operações ofensivas em um ambiente naval contestado. O uso desses drones também subverteu as expectativas tradicionais sobre o domínio naval, em que, historicamente, as Marinhas dependiam de grandes navios de guerra para projetar poder.

A capacidade de veículos menores e menos custosos causarem danos significativos a frotas maiores representou um ponto de inflexão na dinâmica da guerra naval moderna.

Além disso, o uso desses drones evidenciou a importância da guerra assimétrica no domínio naval, em que as forças ucranianas, com recursos limitados, conseguiram nivelar o campo de batalha com uma potência naval maior e mais equipada. A flexibilidade, o baixo custo e a dificuldade de detecção destes VSNT tornaram-se vantagens críticas para as forças ucranianas, que utilizaram essas

plataformas em ataques-surpresa, mudando a percepção de superioridade naval russa na região.

Esses eventos no Mar Negro sublinham a importância crescente dos veículos não tripulados como um componente integral da guerra marítima moderna, abrindo um novo capítulo para as Marinhas ao redor do mundo, que agora se veem forçadas a reavaliar suas estratégias defensivas e ofensivas diante dessa nova ameaça.

FRAGATAS CLASSE TAMANDARÉ, UMA NOVA CONCEPÇÃO

As fragatas classe *Tamandaré*, *light frigates* por definição, possuirão 3.500 toneladas de deslocamento, com 107 metros de comprimento. Comparando-as com as fragatas classe *Niterói*, que foram e ainda são um caso de sucesso da Esquadra brasileira, as FCT são cerca de 23 metros menores em comprimento, contudo possuem boca de 16 metros. Tal característica, somada à concepção de navio, com a eficaz utilização do espaço a bordo e uma equipagem moderna composta por módulos de combate menores e mais tecnológicos, fará com que as FCT cumpram todas as tarefas operativas para as quais serão designadas.

Desenvolvidas para contraporem-se a ameaças em todos os ambientes de guerra, as FCT possuem sensores e armamentos de tecnologia de ponta, o que permite a introdução de novos conceitos de operação intranavio, como é o caso do conceito de cadeias funcionais de combate. O próprio sistema de combate das FCT, a depender da identificação, classificação e avaliação de um contato de interesse, sugere ao operador de um dos consoles multifuncionais do COC sequenciamento e encadeamento de senso-

res, rastreadores e armamentos, formando uma cadeia funcional de engajamento mais adequada e, conseqüentemente, aumentando a probabilidade de êxito em combate real. Esse único exemplo de automatismo descrito, dentre todos os outros existentes a bordo das FCT, permite um guarnecimento de navio mais qualitativo do que quantitativo.

E falando em guarnecimento, cabe destacar que as FCT serão tripuladas com cerca de metade de pessoal necessário para o guarnecimento das FCN, contudo deverão ter a capacidade de cumprir todas as tarefas operativas das fragatas predecessoras. Conclui-se, novamente, que a qualidade operativa do pessoal das FCT é inegociável. E para atingir este propósito, a primeira tripulação da FCT está sendo submetida a um rigoroso processo de qualificação, o qual será encerrado no ano de 2025.

Como exemplo do desafio no guarnecimento deste novo escolta, cito o caso dos militares da especialidade de Manobras e Reparos (MR). A Fragata *Tamandaré*, a primeira da classe, lotará apenas sete militares dessa profissão. A limitação quantitativa dos militares por especialidade torna imperiosa a hiperespecialização das divisões componentes dos departamentos do navio. Em uma primeira análise, não seria o mais eficiente organizar a divisão de pessoal como era feita anteriormente: distribuindo-se os militares pelas divisões, de forma que cada uma delas tenha uma quantidade específica de todas as especialidades afetas ao departamento pertencente. Por outro lado, propõe-se uma divisão departamental de maneira especializada, em que os militares componentes deverão deter o conhecimento de todas as características e as capacidades dos sistemas e subsistemas sob sua responsabilidade.

Manned-Unmanned Teaming

De acordo com Murray *et al.* (2016), o conceito Manned-Unmanned Teaming (MUM-T) representa uma das mais significativas evoluções doutrinárias contemporâneas, refletindo uma mudança paradigmática em como as operações envolvendo veículos tripulados e não tripulados são concebidas e executadas em todos os domínios de combate. Em sua essência, o MUM-T visa à integração sinérgica entre sistemas tripulados e não tripulados, unindo as capacidades humanas de tomada de decisão, intuição e adaptabilidade com resistência, precisão e capacidades avançadas de sistemas autônomos ou remotamente operados. Esta colaboração entre homem e máquina abre novos horizontes para o planejamento e a execução de missões, oferecendo amplas vantagens em termos de eficácia operacional e flexibilidade estratégica.

A FCT como precursora do MUM-T na MB

O MUM-T necessita de uma estrutura de comunicações robusta e resiliente para ser aplicado corretamente, pois requer troca de dados de forma instantânea e redundante, tanto para o compartilhamento de informações de ISR quanto para o controle de fato das plataformas não tripuladas. Por característica de projeto, as FCT incorporam uma arquitetura moderna e capaz de atender às demandas de comunicações dos veículos não tripulados, por meio do uso de sistemas de alta taxa de transferência de dados, transceptores com capacidades de guerra eletrônica e equipamentos de comunicações satelitais.

Desta forma, as FCT fornecem a estrutura de Comando, Controle e Comunicações (C3) necessária para a condução de missões que empregam o conceito MUM-T,

o que é fundamental ao considerar esta abordagem baseada na Guerra Centrada em Redes. Nesse cenário, a FCT pode operar tanto como navio controlador dos veículos não tripulados quanto como um meio inserido ao Sistema de Sistemas.

Além das capacidades de C3, as FCT são dotadas de uma Mission Bay onde podem ser instalados diversos tipos de Módulos de Missão (MM), entre eles as estações de controle dos veículos não tripulados, tanto aéreos quanto de superfície.

Estes módulos possuem interfaces de comunicação com os sistemas do navio, que poderão ser integrados ao Combat Management System (CMS), o que possibilitaria a integração dos VSNT e Sarp ao seu sistema de combate. Assim, o conceito MUM-T poderá ser aplicado em sua plenitude, proporcionando um ambiente operacional coordenado e com uma consciência situacional sem precedentes.

A rampa de manobra de embarcações miúdas na popa da FCT e o amplo convoo permitem a operação simultânea de VSNT e Sarp, o que traz uma vantajosa flexibilidade tática para essa classe de navios. Operar simultaneamente com esses dois meios permitirá que a FCT seja eficazmente inserida em um contexto de operações multidomínio, aumentando sobremaneira a letalidade deste navio nos mais diversos cenários táticos.

Possibilidades de emprego:

– Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) – aeronaves remotamente pilotadas (ARP) e VSNT realizam a função de esclarecedores a fim de coletar dados de ISR, além do alcance dos sensores embarcados no navio tripulado, auxiliando na compilação do quadro tático de superfície e provendo alerta antecipado. Estes meios também podem utilizar equipamentos Mage, o que possibilitaria executar tarefas de reconhecimento eletrônico.

– Guerra de Minas – os VSNT podem empregar os *autonomous underwater vehicles* (AUV) e *remoted piloted vehicles* (ROV) em conjunto com sonares multi-feixe de casco para detectar e neutralizar minas, possibilitando o avanço do navio tripulado em segurança por uma área anteriormente minada. Esta aplicação foi testada com sucesso durante a Operação Minex-2023, conduzida pelo Comando do 2º Distrito Naval, com apoio do Grupo de Avaliação e Adestramento de Guerra de Minas (GAAGueM) e com a participação do VSNT Suppressor, de fabricação da empresa Tidewise.

– Designação de Alvos (incluindo OTH-T) – os veículos não tripulados detectam, identificam e designam alvos para o navio tripulado – eventualmente, também além do horizonte – para estender o alcance do sistema de armas deste e permitir que os meios tripulados (de alto valor) permaneçam a distâncias seguras, fora do alcance do armamento do inimigo. Esta aplicação pode ser particularmente útil em situações em que os veículos não tripulados utilizam sensores passivos, como alças optrônicas, para a detecção enquanto o navio tripulado permanece em condição de silêncio eletrônico, dificultando a compilação do quadro tático do oponente e permitindo um ataque repentino.

– Ações de Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) – os veículos de superfície e aéreos não tripulados seriam utilizados como plataformas para realizar ações coordenadas de ataque eletrônico, como o *jamming* (bloqueio). De acordo com Neri (2018), por possuírem seção-reta radar (RCS) diminuta, poderão se aproximar das unidades hostis e aplicar a técnica de bloqueio avançado (SFJ – Stand-Forward Jamming). O SFJ será empregado para dar proteção ao navio tripulado que engajará a

força inimiga. Outra aplicação é a técnica de despistamento manipulativo, com o propósito de gerar assinaturas eletromagnéticas falsas que induzam o inimigo ao erro, tanto em um contexto operacional focalizado – ao gerar uma compilação do quadro tático equivocada – quanto para um cenário amplo de dissimulação tática (LIU *et al.*, 2019).

– Guerra de Superfície – a utilização de mísseis ar-superfície (MAS) e superfície-superfície (MSS) de pequeno porte, como o MAS Enforcer fabricado pela MBDA, que equipará o Sarp Nauru 1.000C do Exército Brasileiro (EB), possibilita o emprego destes meios em ações coordenadas de superfície, em que os meios tripulados e não tripulados realizam salvagens simultâneas contra o oponente de forma a saturar as suas defesas antimísseis.

Integrated Air and Missile Defense

O Integrated Air and Missile Defense (IAMD) é uma abordagem integral para a defesa contra ameaças aéreas e de mísseis, combinando múltiplos sensores, sistemas de armas e plataformas de comando e controle em uma rede coordenada. A IAMD visa proteger tanto áreas estratégicas quanto unidades operacionais em ambientes complexos, onde ameaças aéreas, mísseis balísticos, mísseis de cruzeiro e drones podem ser lançados de diferentes vetores simultaneamente. A integração de tecnologias de ponta, como radares multifuncionais, mísseis de defesa antiaérea e sistemas de guerra eletrônica, é fundamental para detectar, rastrear e neutralizar essas ameaças em tempo real.

O Papel da Fragata *Tamandaré* no Conceito de IAMD

A Fragata *Tamandaré* é a plataforma naval mais avançada das Forças Armadas

brasileiras (FA), equipada com capacidades superiores de detecção de alvos aéreos e mísseis antiaéreos de última geração. Essas características fazem da Fragata *Tamandaré* um ativo central no conceito de IAMD no contexto das FA, tanto na defesa de instalações estratégicas quanto na proteção de áreas de alto valor estratégico. Além disso, sua capacidade de operar em sinergia com outras forças amplia sua eficácia e versatilidade no campo de batalha.

– Defesa de Instalações Estratégicas

Com seu radar multifuncional de alta capacidade e sistemas de sensores avançados, a Fragata *Tamandaré* pode detectar e rastrear ameaças aéreas em grandes distâncias, garantindo uma defesa antecipada de instalações estratégicas, como bases navais, portos e infraestruturas críticas costeiras, por exemplo as usinas nucleares em Angra dos Reis. Os mísseis antiaéreos integrados à FCT, do modelo Sea Ceptor fabricado pela MBDA, permitem a interceptação eficaz de mísseis de cruzeiro, aeronaves hostis e outros vetores aéreos antes que possam atingir seus alvos.

Em operações conjuntas com a Força Aérea Brasileira (FAB) e o EB, a Fragata *Tamandaré* pode funcionar como um componente essencial de uma rede IAMD integrada, ampliando a cobertura de defesa aérea para além das capacidades navais. Por exemplo, a FCT pode fornecer suporte de defesa antiaérea a partir do mar, complementando as operações de defesa de pontos terrestres críticos executadas pelo Exército, enquanto a FAB realiza patrulhas aéreas de combate (PAC) e interceptações. Essa coordenação permite criar uma extensa zona de proteção em torno de instalações estratégicas, aumentando a resiliência contra agressões do tipo multidomínio.

A RENOVAÇÃO TÁTICA A PARTIR DAS FCT

Dotada de um radar volumétrico de busca combinada, o Hensoldt TRS-4D, a FCT é capaz de detectar contatos a mais de 125 milhas náuticas, com excelente discriminação em distância e marcação, o navio ganha um considerável incremento naquilo que é o diferencial na guerra no mar: a capacidade de detectar com precisão antes de ser detectado. Essa grande capacidade de detecção, somada à possibilidade de armar o navio com mísseis antinavio Exocet B3 ou Mansup ER (alcance estendido), que possuem alcance de cerca de 100 milhas náuticas e navegação de relevo, proporciona ao navio um incremento considerável no seu potencial destrutivo. A guerra no mar da atualidade exige que os navios tenham sua doutrina de engajamento voltada para a guerra de mísseis, exigindo uma grande capacidade de compilação do quadro tático e esclarecimento.

O Mansup-ER é uma evolução do Mansup original, com melhorias significativas em alcance, precisão e letalidade. O Mansup-ER, com um alcance superior a 200 km, permite que a Fragata *Tamandaré* ataque alvos navais e terrestres em profundidade, sem a necessidade de se aproximar das defesas inimigas. Esse alcance estendido não só aumenta a sobrevivência da FCT em cenários de combate, ao permitir que opere fora do alcance de muitas ameaças, como também proporciona uma capacidade de ataque preventivo ou retaliatório altamente eficaz.

– Guerra de Superfície

A capacidade de engajar alvos navais a longas distâncias é uma característica essencial para qualquer Marinha que busca projetar poder e proteger suas águas. O Mansup-ER, com seu sistema de guiagem avançado, permite que a Fragata *Taman-*

daré engaje navios inimigos a partir de posições seguras, utilizando perfis de voo que minimizam a sua detecção pelos sensores inimigos, e, assim, maximiza a eficácia do ataque. Isso inclui a capacidade de realizar ataques de saturação, em que múltiplos mísseis são lançados em coordenação para sobrecarregar as defesas antimísseis do inimigo, atingindo o alvo ao mesmo tempo (STOT, sigla em inglês para Same Time on Target), aumentando a probabilidade de sucesso.

A introdução do Mansup-ER na Fragata *Tamandaré* fornece à Marinha do Brasil a capacidade de domínio de zonas marítimas estratégicas, impondo uma ameaça constante a qualquer força naval adversária que se aproxime de águas brasileiras. Além disso, essa característica fortalece a dissuasão naval do Brasil, enviando uma mensagem clara de que a MB possui os meios para defender suas áreas de interesse com eficácia e letalidade.

– Ataques a alvos em terra

Uma das características estratégicas do Mansup-ER é sua capacidade de engajar alvos terrestres de alto valor tático ou estratégico, como instalações militares, centros de C2 e infraestruturas críticas. Esta versatilidade permite que a Fragata *Tamandaré* não apenas atue em operações navais, mas também em operações conjuntas, em que a projeção de poder contra alvos em terra seja necessária.

O Mansup-ER, com sua guiagem precisa e capacidade de evasão de defesas, ao adotar perfis de voo com *waypoints* 3D, que podem ser alterados em voo, pode ser utilizado para desabilitar as defesas costeiras adversárias, abrir caminho para desembarques anfíbios ou mesmo atacar alvos em profundidade em apoio a operações terrestres e aéreas. Isso expande significativamente o leque de operações possíveis para a Marinha

do Brasil, permitindo uma coordenação mais estreita com outras forças armadas e aumentando a eficácia das operações militares brasileiras em teatros de operações complexos.

CONCLUSÃO

Para que um navio-escolta consiga desempenhar com êxito a sua função, proteger um navio de maior valor para o cumprimento da missão da força-tarefa, aquele deve ter a capacidade de armamento superior ou de, ao menos, igual valor ao de seu inimigo. Levando em consideração o aumento de alcance dos mísseis antinavio lançados por plataforma aérea, fez-se mister possuir capacidade de defesa antiaérea maior que a das FCN. Portanto, a utilização do radar volumétrico de busca combinada com o míssil antiaéreo Sea Ceptor, de alcance de 25 quilômetros, dentro da mesma cadeia funcional, proporcionará à Esquadra brasileira maior capacidade de defesa contra veículos aéreos. O próprio míssil Sea Ceptor é um míssil superfície-ar de médio alcance, com capacidade de prover defesa em uma área de 1.000 quilômetros quadrados, o que por si só já representa uma grande evolução na capacidade de defesa antiaérea, já que os mísseis superfície-ar Aspide das FCN são de curto alcance.

Como já foi abordado neste artigo, a Guerra Rússia x Ucrânia deixou claro para todo o mundo que USV com custo de USD 500,00, dotados com explosivos bem menos tecnológicos, conseguiram avariar ou colocar a pique meios de superfície com grande deslocamento e extremamente bem armados. Algumas hipóteses podem ser levantadas, conduzindo-nos a algumas questões, como: diante dessas novas ameaças e à pequena possibilidade de um confronto decisivo no mar, entre

meios de superfície devido ao advento das armas nucleares e de mísseis de grande precisão, será que a construção de navios de guerra de grande deslocamento, como os cruzadores, ainda é uma decisão acertada? Sem dúvidas, as *light frigates* são uma boa solução para esta relação de custo-benefício.

Em relação à FCT, ganharemos uma grande capacidade de defesa em caso de guerra assimétrica, inclusive as iniciadas por veículos remotamente pilotados. A grande capacidade de detecção, já abordada, combinada com a utilização das metralhadoras Sea Defender FN Herstal 12.7 mm remotamente operadas, permite que o navio engaje as ameaças assimétricas com maior precisão, sem exposição de pessoal em convés aberto, eliminando do processo de engajamento os fatores psicológicos que influenciam um atirador/operador em controle local. Já na sua concepção e construção, o navio foi pensado para se contrapor às ameaças impostas por veículos não tripulados, fazendo com que a doutrina seja aplicada à tecnologia, e não o contrário, em que uma doutrina tem que ser criada de forma a combinar as características de sensores, rastreadores e armamentos, para que a capacidade de contraposição à USV seja construída.

Outra diferença de emprego tático considerável é a possibilidade de se ter como aeronave orgânica o Skyhawk (SH-16). As FCT terão as dimensões e equipamentos necessários para pouso e hangaragem das aeronaves específicas para a guerra antissubmarina.

O desafio imposto pela classe Tamandaré é grande, mas é da magnitude do empenho da MB para que seja um sucesso como o da classe Niterói

Ainda no ambiente aéreo, o radar volumétrico 4D possibilita ao novo escolta da Marinha o controle aéreo de interceptação, fazendo com que, possuindo um militar qualificado como controlador aéreo de interceptação a bordo, as FCT possam controlar aeronaves de asa fixa componentes da Patrulha Aérea de Combate, meios capazes de conduzir um combate aéreo, ou seja, de aeronave contra aeronave.

Todas essas novas possibilidades descritas seriam menos eficazes caso o Sistema de Combate do Navio (CMS) não fosse capaz de processar essa quantidade de informações sem a avaliação correta. O CMS é processado em Consoles Multifuncionais (MFC) não específicos, ou seja, cada MFC pode ser a interface de qualquer ambiente de guerra, sendo definido, contudo, de acordo com o *login* do operador. Desta forma, um mesmo operador poderá identificar, classificar, avaliar e engajar um determi-

nado alvo, o que aumenta consideravelmente o poder de reação do navio.

Além disso, o CMS tem a capacidade de ser parametrizado de acordo a uma situação tática esperada. Desta forma, o navio terá capacidade de carregar parâmetros específicos, como tipos de contato para engajamento rápido e automático pelo Tewa (Threat Evaluation Weapons Assignment). Assim, no período que antecede o suspender para uma comissão operativa, o sistema de combate será adequado e parametrizado para as ameaças esperadas no mar, incrementando o automatismo e possibilitando um guarnecimento qualitativo do navio.

Cabe ressaltar que o canhão de maior calibre da FCT, localizado na proa do navio, o Oto Melara 76 mm Super Rapid, está sendo testado nos conflitos no Mar Vermelho. Como exemplo de emprego, cito o destróier italiano *Calio Duilio*, que, no mês de agosto de 2024, abateu um drone aéreo lançado pelos Houthis com o canhão supracitado. Esse fato mostra o quão atual, tecnológico e, principalmente, testado em combate o canhão de 76 mm SR da FCT é, fornecendo uma alternativa muito mais econômica que os dispendiosos mísseis superfície-ar.

Diante de tudo que foi exposto, podemos afirmar, com uma visão intrínseca ao Programa das Fragatas Classe *Tamandaré*, que os desafios impostos são consideravelmente grandes, no entanto são da magnitude do empenho demonstrado pela Marinha do Brasil para que as novas fragatas sejam um caso de sucesso como foram as fragatas classe *Niterói*.

E que nós, primeira tripulação, sejamos dignos de tamanha responsabilidade. “Sou marinheiro e outra coisa não quero ser” (Almirante Tamandaré).

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<SISTEMAS>; Sistema de Armas; Sistema de Comando; Sistema de Combate; Sistema de Informação; Sistema Digital;

<FORÇAS ARMADAS>; Fragata; Poder Naval Brasileiro;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOSWINKEL, L. “Surviving the Deadly Skies: Integrated Air and Missile Defense 2021-2035”. Disponível em: <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2021/12/Integrated-Air-and-Missile-Defense-HCSS-Dec-2021.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.
- CARBERRY, S. “Disaggregation Called the Future of Naval Warfare”. Disponível em: <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2024/1/16/disaggregation-called-the-future-of-naval-warfare>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- CIVELEK, M. “A New Era in Naval Warfare: 2023”. Disponível em: <https://www.marinedealnews.com/a-new-era-in-naval-warfare-2023/>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- GRADY, J. “Battles in the Black Sea Changing the Character of Naval Warfare”. Disponível em: <https://news.usni.org/2024/06/13/battles-in-the-black-sea-changing-the-character-of-naval-warfare-experts-say>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- HACKETT, M. “A Long, Hard Year: Russia-Ukraine War Lessons Learned 2023”. Disponível em: <https://publications.armywarcollege.edu/News/Display/Article/3890256/a-long-hard-year-russia-ukraine-war-lessons-learned-2023/>. Acesso em: 2 set. 2024.
- KAUSHAL, S. “Lessons for the Royal Navy’s Future Operations from the Black and Red Sea”. Disponível em: <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/lessons-royalnavys-future-operations-black-and-red-sea>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- SAVITZ, S. “The Black Sea and the Changing Face of Naval Warfare”. Disponível em: <https://www.rand.org/pubs/commentary/2023/10/the-black-sea-and-the-changing-face-of-naval-warfare.html>. Acesso em: 11 ago. 2024.