

O EMPREGO DE SENSORES INFRAVERMELHO NA DETECÇÃO DE MÍSSEIS ANTINAVIO DE BAIXA ALTITUDE (*SEA-SKIMMING*)

RICARDO CESAR COUTINHO*
Capitão-de-Corveta (EN)

SUMÁRIO

Sumário

Introdução

A Defesa Aeroespacial

Mísseis com perfil de voo de baixa altitude (*sea-skimmers*): A grande ameaça

Os avanços tecnológicos

Um míssil norueguês

Sensores baseados em radiação infravermelho

Os equipamentosIRST

Sensores empregados pelas forças navais de alguns países desenvolvidos

O sistema Aegis

O ship self-defense system

Desenvolvimento na França

Desenvolvimento no Reino Unido

Em resumo

Comparação entre o radar e o IRST na detecção de *sea-skimmers*

O emprego de sensores infravermelho na Marinha: discussão

Conclusão

* N.R.: O autor é engenheiro de eletrônica com ênfase em telecomunicações, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) em 1991, onde recebeu o prêmio "Conde Armando Álvares Penteado", por ter sido graduado em 1º lugar dentre os 150 formandos de engenharia de eletricidade, e em 3º lugar dentre os 350 formandos do EPUSP. Fez mestrado em sistemas ópticos avançados na Universidade de Londres, tendo apresentado diversos trabalhos em conferências do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), OSA (Optical Society of America) e SPIE (International Society for Optical Engineering), inclusive a convite desta última. Atualmente, exerce a função de encarregado das Seções de Radive Optrônica da Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha e defenderá tese de doutorado na Universidade de Londres no início de 2003.

SUMÁRIO

O presente artigo, pretende-se, será o primeiro de uma série abordando o conceito da capacidade de navios de guerra permanecerem em combate (*survivability*). Ele estuda a adequabilidade dos sensores empregados nos navios de superfície para a detecção de ameaças aéreas, em especial de mísseis com perfil de voo de baixa altitude, conhecidos por *sea-skimming* ou *sea-skimmers*. São abordados e comparados os sensores radar e infravermelho, e descritos os projetos de desenvolvimento de algumas nações com forte poderio militar. Os conceitos estudados são trazidos para o caso brasileiro, analisando-se o uso de sensores na defesa antiaérea.

O principal propósito do ensaio é demonstrar que os sensores atualmente empregados na detecção de mísseis antinavio (os radares) não garantem os níveis mínimos de proteção necessários à operação de forças navais, e que o uso de sensores infravermelho para complementá-los é essencial para se obter aqueles níveis.

INTRODUÇÃO

O término da chamada Guerra Fria determinou uma alteração nas tarefas principais dos poderes navais dos países desenvolvidos. A ênfase deslocou-se da guerra global em mar aberto para conflitos localizados, travados normalmente em águas litorâneas de nações hostis. Tal deslocamento determinou a necessidade de revisão não só da estratégia, mas também da tática e da arquitetura dos sistemas de armas empregados por aqueles poderes navais.

No caso brasileiro, o sucesso da condução da Política de Defesa Nacional (PDN), fundamentada em uma postura estratégica dissuasória de caráter defensivo,

depende, conforme estabelece a PDN, da existência de uma estrutura militar de credibilidade.

A natureza defensiva da postura estratégica brasileira prioriza, dentre as tarefas básicas do Poder Naval do País (2:1-2), a do controle de área marítima, necessária à manutenção do comércio exterior e da exploração dos recursos do mar, e a da contribuição para a dissuasão.

Adicionalmente, um dos fatores condicionantes da Política Básica da Marinha, emitida em 1998, aludia à "...*falta de uma aviação de asa fixa, orgânica e diversificada...*", a qual "...*restringe o emprego do Poder Naval, tornando-o altamente vulnerável à ameaça aérea*" (2:2-1).

A recente aquisição, junto à Marinha francesa, do Navio-Aeródromo *São Paulo* ofereceu um novo impulso ao desenvolvimento de um pleno emprego do Poder Naval, em conformidade com os documentos doutrinários supramencionados. O retorno à operação de aeronaves de asa fixa devolveu à Marinha o vetor mais eficaz de proteção de força naval, qual seja a aeronave de interceptação.

A proliferação do uso de mísseis antinavio, utilizados por cerca de 70 nações, e de mais de cem tipos diferentes (3:5), além da operação em zonas litorâneas hostis, portanto ao alcance de mísseis lançados de terra, tem demandado investimentos consideráveis das nações envolvidas na adaptação de seus poderes navais à nova ordem mundial.

A DEFESA AEROESPACIAL

As ações de defesa aeroespacial são classificadas em passivas e ativas, conforme utilizem meios passivos como as medidas de apoio à guerra eletrônica (MAGE), no primeiro caso, ou mísseis e aviões de interceptação, no segundo (4:4-1).

A defesa aeroespacial ativa divide-se em defesa aérea, executada por aeronaves, e em defesa antiaérea, por meios de superfície, a qual é objeto deste artigo. A doutrina de defesa antiaérea adotada na Marinha reflete a influência tática da OTAN.

A área de defesa antiaérea (5:1-4) é composta por círculos concêntricos, em cujos centros encontram-se as unidades de maior valor para a força, tais como navios-aeródromos, transportes de tropa e até mercantes. O círculo externo denomina-se **área de vigilância**, na qual são detectados, identificados e acompanhados os contatos aproximando-se da força.

Cruzando a área de vigilância em atitude hostil, o contato passa a ser ameaça, a ser engajada na **área de destruição**, a qual se subdivide, de fora para dentro, nas zonas:

- de interceptação aérea;
- de interceptação por mísseis,
- de transferência; e
- de interceptação por sistemas de defesa de ponto. No interior desta última zona encontra-se a área vital, cujas unidades se desejam proteger.

Um dos princípios doutrinais reconhecidos internacionalmente e adotados pela Marinha é o da **defesa em profundidade**, segundo o qual deve-se buscar a detecção e destruição das ameaças o mais distante possível da área vital.

A efetiva capacidade de utilizar-se este princípio, no que tange à detecção, permite um maior tempo de reação às ameaças, aumentando as chances de sobrevivência (*survivability*) da Força, e é conseguida pelo emprego de sensores com maiores alcances de detecção da ameaça esperada.

Um outro princípio da defesa antiaérea é o do despistamento tático, pelo qual busca-se negar ao inimigo o conhecimento da localização e composição da força.

No âmbito deste artigo, destaca-se uma das medidas empregadas em consonância com

este princípio, qual seja o emprego do silêncio eletrônico, privilegiando o uso de sensores passivos, tais como o MAGE e os baseados em radiação infravermelho, em detrimento de sensores ativos, tais como o radar.

MÍSSEIS COM PERFIL DE VÔO DE BAIXA ALTITUDE (*SEA-SKIMMERS*): A GRANDE AMEAÇA

Desde o final da Segunda Guerra Mundial, várias gerações de mísseis antinavio surgiram.

O afundamento do HMS *Sheffield*, da Marinha do Reino Unido, por dois mísseis *Exocet* lançados por aeronaves argentinas, durante a Guerra das Malvinas, despertou a atenção do mundo para a letalidade dos mísseis antinavio.

Atualmente, estes mísseis representam a ameaça mais perigosa contra navios de superfície (6:555).

Os mísseis de emprego balístico normalmente possuem um perfil de vôo de grande altitude, sendo mais utilizados para ataque a território inimigo, em distâncias intercontinentais.

Os chamados mísseis de cruzeiro (*cruise missiles*) usualmente voam a baixa altitude, com emprego tático e alcances de até 200 km.

Dentre estes últimos, os *sea-skimmers* voam logo acima da superfície do mar (cerca de 15 m) e são o tipo mais empregado para ataques a navios de superfície, explorando limitações dos sensores projetados para detectá-los, a serem detalhadas posteriormente.

No que tange à velocidade, os *sea-skimmers* tanto podem ser supersônicos como subsônicos.

Os avanços tecnológicos

Diversos avanços tecnológicos foram incorporados aos mísseis antinavio de for-

ma a torná-los menos vulneráveis às medidas de defesa empregadas pelos navios, tais como:

- o baixo perfil de vôo e a redução da seção reta radar em aspecto de proa tornaram-nos menos detectáveis por aquele sensor;

- o uso de sistemas de navegação inercial e de guiagem terminal por infravermelho, em substituição ao radar, que impossibilitaram a detecção por sistemas MAGE;

- manobras aleatórias na aproximação final que reduziram a probabilidade de acerto de sistemas de defesa de ponto por saturação de área, tais como o *Phalanx*;

- a incorporação de capacidade de re-ataque, que reduziu a eficácia de medidas *soft kill*, tais como o uso de *chaff*;

- a sincronização de instantes de impacto de vários mísseis numa salva que possibilitou a saturação dos sistemas de combate dos navios-alvo; e

- o reforço estrutural, acompanhado da mudança de posição de componentes críticos, que os tornou mais resistentes às medidas *hard kill* (mísseis, canhões) dos navios (7:127).

Um míssil norueguês

Um exemplo do avanço tecnológico destes mísseis é o desenvolvimento do *NSM*, o novo **míssil antinavio norueguês** que incorpora, além das características já descritas, uma cabeça de busca com uma câmara térmica, que permite selecionar o ponto de impacto na superfície do alvo, bem como distinguir entre alvos agrupados, tornando-o especialmente indicado para operações em áreas litorâneas.

O míssil, que terá um alcance superior a 160 km, também possuirá um altímetro a *laser* para navegação, possibilitando o controle preciso da altitude, e já se encontra em testes de integração com o helicóptero NH 90, da Marinha da Noruega (8:98).

A relevância desta ameaça pode ser avaliada pelo cálculo do tempo de reação de que o navio-alvo dispõe para destruir a ameaça.

Um estudo baseado em simulação, realizado nos Estados Unidos em 1995 (9:9), estimou os tempos de reação utilizando o sistema *Aegis* de defesa antiaérea de área, da Marinha dos Estados Unidos, descrito posteriormente neste ensaio. De acordo com o estudo, para um míssil à velocidade de Mach 0.9, a 100 pés de altitude, o tempo de reação seria de 90 segundos; se a altitude for reduzida para 40 pés, este tempo reduzir-se-ia para 60 segundos; sendo a velocidade aumentada para Mach 2.0, o tempo seria de apenas 20 segundos. Outra conclusão importante do estudo foi a da impossibilidade do *Aegis* neutralizar um ataque a uma unidade a 10 milhas da plataforma em que se encontra, para ameaças com velocidade igual ou superior a Mach 1.4, sendo tal ataque, então, indefensável.

Em conclusão a esta seção, pode-se afirmar que a mudança de paradigma das tarefas atribuídas às forças navais, levando-as à operação em regiões litorâneas próximas a nações hostis, bem como a proliferação e sofisticação dos mísseis antinavio, consubstanciaram os mísseis *sea-skimming* como a mais letal arma empregada contra navios de superfície, ameaçando a própria sobrevivência das forças naquelas regiões.

Na próxima seção, passa-se a descrever os sensores baseados em radiação infravermelho, visando a sua comparação posterior com os sensores radar.

SENSORES BASEADOS EM RADIAÇÃO INFRAVERMELHO

Os primeiros experimentos que levaram à descoberta da existência de radiação fora do espectro visível foram realizados por Sir William Herschel em 1800. Como esta radiação localiza-se em frequências imedi-

atadamente abaixo às correspondentes às da cor vermelha, convencionou-se denominá-la como radiação infravermelho. O seu aproveitamento para fins práticos, no entanto, somente se deu a partir do desenvolvimento dos detetores ópticos, em meados de 1935 (10:21). Com o desenvolvimento dos dispositivos semicondutores, ocorrido a partir da década de 1950, o emprego militar da banda espectral do infravermelho tornou-se extremamente importante.*

Os equipamentos de visão noturna, utilizando intensificadores de imagem e operando no infravermelho próximo (comprimento de onda de 0,7 a 1,5 mm) são largamente empregados em binóculos e lunetas para fuzis. Os sistemas *Infrared Line Scanners* (IRLS) e *Forward Looking Infrared* (FLIR) formam imagens a partir do contraste térmico existente entre os objetos que compõem uma cena. Os primeiros são usualmente montados em aeronaves ou satélites, utilizando-se do seu movimento para a formação de imagens, enquanto os últimos formam-nas independentemente do movimento da plataforma.

Finalmente, os equipamentos de busca e acompanhamento infravermelho (*Infrared Search and Track* – IRST) são destinados primordialmente à detecção de alvos, e de seu acompanhamento, não necessariamente apresentando imagens. Passa-se agora a descrevê-los, por serem os sensores utilizados para detecção de mísseis e aeronaves a partir de terra, navios de superfície ou de outras aeronaves.

Os equipamentos IRST

Os equipamentos IRST, a exemplo dos FLIR e dos IRLS, operam usualmente em faixas do infravermelho onde a transmissi-

bilidade atmosférica apresenta janelas de propagação com atenuação reduzida, de 3 a 5 e de 8 a 12 mm. São compostos, basicamente, por um telescópio para captação de energia num campo de visão variável, filtros ópticos para selecionar a banda espectral desejada, um detetor ou matriz de detetores para conversão da radiação infravermelho em sinal elétrico, circuitos eletrônicos de processamento de sinais em tempo real e um computador para processamento e saída de dados (11:212).

O processamento consiste, resumidamente, em estabelecer um limiar de detecção e apresentar as regiões da imagem em que este limiar foi ultrapassado.

Em sua aplicação naval, os IRST operam de forma bastante similar à do radar, montados em plataforma estabilizada e rotativa, efetuando varreduras horizontais contínuas em volta do navio.

SENSORES EMPREGADOS PELAS FORÇAS NAVAIS DE ALGUNS PAÍSES DESENVOLVIDOS

A defesa contra os modernos mísseis antinavio engloba, genericamente, três fases (3:6): **detecção**, em que os sensores de bordo detectam e acompanham a ameaça, ainda na área de vigilância; **controle**, em que os computadores do sistema de armas identificam as ameaças, separando-as dos demais contatos; e **engajamento**, já na área de destruição, em que as ameaças são priorizadas e alocadas às diversas armas.

Embora o presente ensaio concentre-se apenas na primeira fase, nesta seção serão revisados alguns projetos de construção e modernização de sistemas de defesa antiaérea, em andamento nos Estados Unidos, França e Reino Unido.

* N.A.: Exemplo: os equipamentos de visão noturna baseados em intensificadores de imagem e sensores IRLS, FLUIR e IRST (descritos no texto).

O sistema Aegis

Nos Estados Unidos, o catastrófico resultado do ataque ao USS *Stark*, em 1987, por dois mísseis *Exocet* iraquianos, lançou dúvidas sobre a eficácia da defesa antiaérea das unidades navais daquele país.

O sistema *Aegis*, empregado em diversas classes de navios e instalado pela primeira vez num navio (USS *Ticonderoga*) em 1983, era na época a promessa de solução destes problemas.

O coração do sistema é o AN/SPY-1, um radar multifunção com matriz de fases (*phased array*) com 5 MW de potência de pico (12:26). O computador do sistema de comando e controle possui capacidade de acompanhar automaticamente mais de cem alvos, nos ambientes de guerra aérea, de superfície e anti-submarino (13).

O *Aegis*, que desde o seu lançamento vem sofrendo constantes atualizações, é tido como o mais capacitado sistema de defesa antiaérea já posto em uso pelos Estados Unidos.

Apesar disso, possui vários críticos, mesmo em seu país.

Em um artigo publicado em 1988 (12:24), diversas razões para o desempenho aquém do esperado de unidades empregando o *Aegis* em campanha na costa do Líbano em 1984 foram apontadas. Sua enorme potência de saída atuaria como um *beacon*, indicando a localização das unidades a distâncias muito longas, e transformando-as em alvos potenciais de mísseis anti-radiação. Os navios dotados do *Aegis* seriam tão vulneráveis aos *sea-skimmers* quanto os que não dispunham do mesmo.

O articulista, no entanto, reconhece o valor do sistema como coordenador das ações no teatro de operações, dada a sua cobertura hemisférica, com 300 km de alcance para alvos a grande altitude. A Marinha americana defendeu-se apresentando

dados de exercícios, nos quais a probabilidade média de detecção de *sea-skimmers* teria aumentado de 65 para 80%, e os alcances de detecção teriam praticamente dobrado após a introdução do sistema.

O Ship Self Defense System

A Marinha americana, em face da vulnerabilidade de suas forças em relação à ameaça dos *sea-skimmers*, criou em 1991, por ordem do Congresso daquele país, um programa denominado *Ship Self Defense* (7:126), para rever os requisitos de defesa antiaérea de navios. O estudo, concluído em 1996, identificou as capacidades necessárias a cada classe de navio, as quais passaram a ser contratadas para aquisição.

O *Ship Self Defense System*, como foi denominado, está sendo implementado em fases, incluindo medidas como a redução da seção reta radar dos navios, e a alteração dos mecanismos de guiagem dos mísseis superfície-ar, de radar para dual (radar e infravermelho).

Destaca-se a instalação de sistemas IRST com duas bandas (3 a 5 e 8 a 12 μ m) para efetuar vigilância do horizonte, transferindo linhas de marcação de contatos para o *Aegis*.

Outra conclusão importante foi a de que, contra alvos supersônicos de seção reta radar reduzida, os IRST podem atingir alcances de detecção até duas vezes maiores de que os sensores radar. O IRST foi considerado um sensor essencial para a autodefesa dos navios.

Em um reporte recente (3:4), o General Accounting Office, órgão de auditoria do governo, analisou o programa da Marinha, e, embora tenha apontado uma série de incorreções no mesmo, concluiu que a evolução tecnológica dos mísseis é uma constante, e que aquela Marinha deveria aperfeiçoar permanentemente suas defesas. A

chave para derrotar os mísseis futuros, segundo o documento, é aumentar o tempo de reação disponível para os navios. Enquanto nas fases de controle e engajamento já mencionadas o aumento deste tempo seria obtido com automação, na fase de detecção, o emprego de múltiplas bandas espectrais, empregando uma combinação de IRST e radar, foi recomendado. O documento relata a execução de testes com os primeiros protótipos de IRST instalados em navios americanos, em 1999, nos quais mísseis *Exocet* foram detectados e acompanhados a distâncias consideráveis.

Desenvolvimento na França

Na França, programa similar foi implementado, sob a denominação de *Opération d'Amélioration de l'Auto-défense Anti-missile* (OP3A) (6:555).

O país foi um dos primeiros a produzir sistemas IRST, os quais encontram-se instalados em diversas unidades navais, incluindo o Navio-Aeródromo nuclear *Charles de Gaulle*, que possui um sistema de duas bandas (SAGEM Vampir MB). A empresa francesa SAGEM é, também, fornecedora de sistemas IRST para o programa *Ship Self Defense*, da Marinha dos Estados Unidos, já mencionado.

Desenvolvimento no Reino Unido (resumo)

No Reino Unido, estão em construção os destroyers *Tipo 45*, em substituição aos *Tipo 42*, sendo aqueles, supostamente, os mais poderosos navios de defesa antiaérea já utilizados por aquela Marinha. Executarão tarefas de defesa de área, controle de aeronaves e coordenação aérea. Seu principal sensor será o radar Sampson, da BAE Systems, constando em um *phased array* com duas faces de 2.500 elementos cada e

formação de feixe adaptativa (14). Não há IRST no sistema principal de combate, no entanto um sistema eletroóptico é empregado para controle dos canhões.

Outro desenvolvimento interessante no Reino Unido é o *refit* de meia-vida dos *trackers 911*, que equipam as fragatas *Tipos 22 e 23*. Além de mudanças no radar, o sensor eletroóptico existente está sendo substituído por um equipamento modernizado, empregando tecnologia de matriz de detetores (*Focal Plane Array*) (15). Neste caso, o sensor infravermelho não é um equipamento em separado, mas sim parte do sistema utilizado para acompanhamento dos *sea-skimmers*, e atua em complementação ao radar.

Em resumo

Em resumo, pode-se concluir que as Marinhas das nações desenvolvidas certificaram-se, em alguns casos com elevadas perdas materiais e humanas, da necessidade do emprego de sensores infravermelho na detecção de ameaças aéreas, seja como alternativa ou em complementação aos sensores radar.

Os motivos tecnológicos desta necessidade são apresentados a seguir.

COMPARAÇÃO ENTRE O RADAR E O IRST (INFRARED SEARCH & TRACKING) NA DETECÇÃO DE SEA-SKIMMERS

Os mísseis de cruzeiro antinavio, em oposição aos balísticos, possuem um perfil de voo de muito baixa altitude, sendo por este motivo denominados *sea-skimmers*. O míssil navega faceando a crista das ondas, variando sua altitude pelo uso de altímetro, como contramedida contra os radares da plataforma alvo.

Para entender a razão deste perfil de voo, é necessário considerar os fenômenos físicos que afetam a propagação das ondas eletromagnéticas emitidas pelo radar.

Em determinadas condições, a evaporação da água do mar pode formar um duto, dentro do qual a curvatura do feixe radar, alterada pela variação da refratividade da atmosfera, pode ser invertida em relação à curvatura normal. Tal fenômeno é denominado duto de superfície ou de evaporação, e degrada o desempenho do radar, devido à dispersão de seu feixe.*

O principal fenômeno que afeta a probabilidade de detecção dos *sea-skimmers* por radares é denominado efeito *multipath*, ou multicaminho. Neste caso, a superfície do mar comporta-se como um espelho, devido à sua maior condutividade. O radar então "vê" dois mísseis, quais sejam, o real, e a imagem refletida deste na superfície do mar. As variações na direção da onda refletida, combinada com a onda direta, fazem com que estas ondas cheguem ao receptor do radar ora em interferência construtiva, ora em interferência destrutiva, gerando flutuações de grande amplitude no sinal recebido no receptor e, conseqüentemente, degradando o desempenho do radar.

Por outro lado, os sistemas IRST, por explorarem o contraste térmico entre o alvo e o cenário, não são afetados pelo efeito *multipath*. Em realidade, os comprimentos de onda envolvidos são muito menores que as diferenças de percurso entre as ondas diretas e refletidas. Ao contrário, os IRST beneficiam-se do calor gerado pela descarga de gases do míssil e, secundariamente, do aquecimento da carcaça do mesmo por atrito com o ar, a qual pode chegar a 300°C (6:556).

Outra vantagem fundamental, do ponto de vista tático, é o fato do IRST ser um sensor totalmente passivo, não denunciando a posição da força ao inimigo (princípio do despistamento tático), e sendo passível de utilização em condições de silêncio eletrônico (CONSET) restritivas. Adicionalmente, os IRST não são susceptíveis à interferência por sinais de microondas (*jamming*).

Uma outra vantagem do IRST é a sua capacidade de gerar imagens de alta resolução, permitindo discriminar entre alvos (mísseis) e tráfego comercial, mesmo próximos, um recurso muito útil quando atuando em áreas litorâneas.

Em seção anterior, foram mencionados tempos de reação severamente reduzidos quando a ameaça era representada por um míssil supersônico, em relação ao subsônico. Tal resultado se deve ao fato do desempenho de detecção do radar (no caso apresentado, o sistema *Aegis*) depender somente da seção reta radar do alvo. No caso dos IRST, o míssil é tão mais detectável quanto mais calor gere e, portanto, quanto maior a sua velocidade, maior é o alcance de detecção, para um mesmo sensor e condições atmosféricas. Isso faz com que, empregando-se um sensor IRST, o tempo de reação disponível seja aproximadamente constante. Mísseis supersônicos aproximar-se-ão mais rapidamente, mas serão detectados a maiores distâncias. Com os subsônicos, ocorrerá o inverso.

Obviamente, o IRST possui **desvantagens**.

Por ser um sensor passivo, não determina a distância do alvo, fundamental para a solução do problema de tiro. Adicionalmente, é mais afetado pelas condições atmosféricas do que o radar, principalmente por nuvens, neblina ou chuva (16:364).

* N.A.: (A pedido da *Revista Marítima Brasileira*) – Duto de superfície/evaporação – A intensa evaporação na superfície do mar pode criar uma camada superficial na atmosfera que altera a curvatura do feixe radar devido à refração, levando-o a não iluminar o alvo.

Assim sendo, o uso do IRST tem se dado não em substituição ao radar, mas, como visto anteriormente, complementando-o.

Dependendo da situação tática, ameaças esperadas e condições ambientais, pode ser mais vantajoso o emprego de um ou outro sensor, ou até de ambos, utilizando-se algoritmos de fusão de sensores.

De fato, conforme apresentado em trabalho publicado em 1996 (16:368), a fusão dos dois tipos de sensor possibilitou um aumento no alcance de detecção de um míssil *sea-skimming* de 10 para 13 milhas, e no alcance de interceptação de 3 para 4,5 milhas, diferenças estas que poderiam garantir a permanência em combate ou até a sobrevivência de um meio naval.

O EMPREGO DE SENSORES INFRAVERMELHO NA MARINHA

Trazendo-se as observações e comentários das seções anteriores para o cenário de defesa brasileiro, pode-se fazer algumas conjecturas.

As aquisições do NAe *São Paulo* e das aeronaves *Skyhawk* A4 levaram a Marinha ao grupo de nações com capacidade de fazer uma esquadra ao mar, defendê-la eficazmente e, se necessário, realizar ações ofensivas empregando armas guiadas, canhões ou aviação embarcada.

No entanto, a materialização desta capacidade depende, dentre outros fatores, do estabelecimento de uma defesa antiaérea eficaz, que faça uso do princípio da defesa em profundidade.

A utilização de sensores adequados, aliada a medidas de proteção, tais como a dissimulação eletromagnética e o desenvolvimento de contramedidas, em muito aumentará a capacidade de sobrevivência (*survivability*) dos navios de linha da Marinha.

Presentemente, alguns navios da Marinha já utilizam sensores infravermelho, no

entanto estes só são utilizados para vigilância e controle de canhões.

As armas guiadas são controladas pelos sensores radar, via sistema de armas.

Portanto, qualquer engajamento a distâncias maiores que o alcance dos canhões dependerá do uso de sensores ativos.

O emprego destes sensores se justifica nos casos em que se tem a superioridade garantida, como ocorre com a Marinha americana. Daí terem os americanos investido pesadamente e por tão longo tempo no sistema *Aegis*, o qual despeja uma enorme potência na atmosfera, revelando a posição da força americana a plataformas com equipamentos MAGE até centenas de quilômetros. Mas isto não lhes causa problema, pois, como dizem os especialistas de tática daquele país, "...o uso do *Aegis* põe o inimigo na defensiva" (12:26).

No caso da Marinha, no entanto, esta superioridade não é garantida.

Observando-se os documentos doutrinários que estabelecem as tarefas e as regras de comportamento para a esquadra brasileira, é de se esperar que a mesma venha a atuar no litoral brasileiro, ou proximidades no Atlântico Sul, efetuando tarefas de controle de área marítima.

Em se privilegiando o uso de sensores passivos neste tipo de cenário, a capacidade de defesa antiaérea seria mantida, ou até aumentada (considerando-se as limitações do radar já mencionadas), ao mesmo tempo em que negar-se-ia ao eventual inimigo a localização da Força.

CONCLUSÃO

Dada a sua constante evolução tecnológica, os mísseis antinavio do tipo *sea-skimming* representam a ameaça de maior letalidade contra navios de superfície.

A capacidade de sobrevivência (*survivability*) das forças navais depende,

dentre outros fatores, do aumento do tempo de reação disponível contra aquela ameaça, o qual, por sua vez, depende do uso de sensores com maiores alcances de detecção, permitindo a exploração do princípio da defesa em profundidade.

Os sensores radar apresentam severas limitações na detecção dos *sea-skimmers*, causadas pelo seu baixo perfil de voo, em combinação com as características de propagação de radiofrequências junto à superfície do mar. Os sensoresIRST, no entanto, não apresentam estas limitações, além de possibilitar tempos de reação similares tanto contra mísseis subsônicos como supersônicos. Por serem sensores passivos, osIRST aumentam a capacidade de detecção da plataforma que os possui, ao mesmo tempo em que reduzem a sua probabilidade de detecção pelo inimigo.

No Brasil, a retomada da operação com aeronaves de asa fixa forneceu à Esquadra

meios de defesa aérea que, isoladamente, não garantem a proteção necessária. O uso de sensores infravermelho pelos navios da Marinha é ainda incipiente, sendo o radar o sensor de escolha.

Considerando-se hipóteses de conflito em que a superioridade, consubstanciada pelo domínio do mar, não seja garantida, a priorização do uso de sensores passivos permitiria o exercício eficaz da defesa anti-aérea, concomitantemente com a exploração de um outro princípio, o do despistamento tático.

Assim, conclui-se que a intensificação do uso de sensores infravermelho e a introdução do uso de sensoresIRST, são essenciais para que a Esquadra possa cumprir as tarefas que lhe são atribuídas nos documentos doutrinários pertinentes, em especial o controle de área marítima e a contribuição para a dissuasão.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<SISTEMAS> / Sistema de detecção /; Infravermelho

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Ministério da Marinha. *Política Básica da Marinha*. Brasília, 1998.
2. GOVERNO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, General Accounting Office. *Comprehensive Strategy Needed to Improve Ship Cruise Missile Defense*. Washington, 2000.
3. BRASIL, Ministério da Marinha. *Doutrina Básica da Marinha*. Brasília, 1997.
4. BRASIL, Centro de Adestramento "Almirante Marques de Leão". FI CIC-B-001. *Princípios de Defesa Antiaérea (CONF)*. Rio de Janeiro, 1994.
5. MISSIRIAN, Jean-Michel et. al. *IRST: A Key System in Modern Warfare*. Proceedings of the SPIE vol. 3061, pp. 554-565, 1997.
6. OUSBORNE, Douglas. *Ship Self-Defense Against Air Threats*. John Hopkins APL Technical Digest vol. 14, no. 2, pp. 125-140, 1993.
7. WERGELAND, Hans. *NSM: The New Norwegian Anti-Ship Missile*. Revista "Defence Procurement Analysis", edição de primavera, pp. 96-98, 2001.

8. ITO, Hideto. *A Study of the Measures of Effectiveness for the JMSDF Aegis Destroyer in a Littoral, Air Defense Environment*. Tese de Mestrado, Naval Postgraduate School, Monterey, 1995.
9. SEYRAFI, Khalil et al. *Introduction to Electro-Optical Imaging and Tracking Systems*. Londres: Artech House, 1993.
10. CAMPANA, Stephen. *Passive Electro-Optical Systems*. Vol. 5 do "Infrared and Electro-Optical Systems Handbook". Washington: SPIE Press, 1993.
11. ADAM, John. *Pinning Defense Hopes on Aegis*. Revista "Spectrum", Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), pp.24-27, junho 1988.
12. FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS. *Aegis Weapon System MK-7*. Arquivo obtido no endereço <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/aegis.htm> no dia 30/07/2002.
13. NET RESOURCES INTERNATIONAL. *Type 45 Anti-Air Warfare Destroyer, United Kingdom*. Arquivo obtido no endereço <http://www.naval-technology.com/projects/horizon/index.html> no dia 01/08/2002.
14. JANE'S DEFENSE GROUP. *Guidance and Tracking Upgrade for UK Seawolf*. Arquivo obtido no endereço http://www.janes.com/regional_news/jdu/jdu001221_1_n.shtml no dia 01/08/2002.
15. PAWLAK, R et al. *Design of a Real-Time Multisensor Search and Track System*, Naval Engineers Journal, pp. 363-371, maio 1996.

**Ser crítico e ser consciente
não requer ver apenas defeitos
e dificuldades.**

**Requer, sim, ver a totalidade
dos aspectos.**