

# NOVO ESTUDO DE UM ESCOLTA PARA A MARINHA DO BRASIL

RENÉ VOGT\*  
Engenheiro

---

## SUMÁRIO

Introdução

Breve histórico do projeto e da construção naval militar no Brasil

Necessidade de projetar e construir

Navios-Escolta para a MB

    Composição da força de escoltas

    A classe principal de escoltas: fragata ou destróier

        Missões, requisitos de operação e capacidades desejadas

        Conceito de manutenção, disponibilidade e confiabilidade

        Custos

        Navios de referência

Dimensionamento do navio

Tripulação, arranjos gerais, armamento, eletrônica e sensores

Estimativa de potência, propulsão, geração de energia elétrica e autonomia

Distribuição de pesos, centros e estabilidade

Conclusão

Índice de siglas, símbolos e abreviações

Apêndice: Riscos e margens de projeto

---

\* Segundo-Tenente (RM2), engenheiro civil, empresário e membro da Sociedade Amigos da Marinha de São Paulo (Soamar-SP). Colaborador assíduo da RMB.

## INTRODUÇÃO

No trabalho publicado na *Revista Marítima Brasileira* do 2º trimestre/2011, o autor se preocupou apenas em realizar uma pesquisa que desse origem a um texto sem maior profundidade técnica. O objetivo era o de apresentar uma sugestão para um novo escolta da Marinha do Brasil denominado F-6000M, de fácil leitura, embora os dados sugeridos sejam oriundos de uma pesquisa bastante detalhada, iniciada em 2007.

Decorridos três anos de amadurecimento daquela proposta e muitas sugestões recebidas neste período, o autor resolveu dedicar-se a um novo trabalho. O propósito, agora, é o de realizar um estudo de exequibilidade que sirva como ponto de partida para um projeto nacional próprio de escolta que a Marinha do Brasil possa vir a desenvolver e que, em relação aos escoltas mais modernos atuais, tenha a vantagem de combinar qualidades comprovadas com tecnologias novas, minimizando o risco de projeto.

O navio objeto do presente estudo será designado por F-6000M2, tendo como ponto de partida os dados do F-6000M, que já havia evoluído para a versão F-6000M1. Desta vez, o enfoque é mais técnico, seguindo os passos clássicos da espiral de projeto de engenharia naval. O autor não dispõe de recursos de informática necessários para cálculos mais precisos, mas, como neste caso trata-se de um estudo de exequibilidade, consultas feitas à literatura especializada e constantes das referências permitiram obter resultados baseados em cálculos paramétricos que, comparados a dados de navios similares reais e informações de profissionais da engenharia naval, mostraram um resultado muito positivo. Aos leitores(as) interessados(as) o autor poderá disponibilizar a memória de cálculo: [rene@rmvogt.com.br](mailto:rene@rmvogt.com.br)

Para obter resultados consistentes, fez-se necessário escolher equipamentos existentes no mercado, cujos dados se encontram disponíveis na literatura ostensiva ou que foram conseguidos pelo autor por outros meios. Portanto, todos os nomes, marcas e modelos aqui mencionados são de responsabilidade exclusiva do autor e de seu livre arbítrio. Tudo o que é tratado e mencionado neste trabalho não emana nem representa a opinião oficial da Marinha do Brasil.

## BREVE HISTÓRICO DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO NAVAL MILITAR NO BRASIL

Fazendo um breve resumo da história do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro somente no período republicano, constatamos que a atividade de construção naval foi muito irregular, e a atividade de projetos nativos, muito modesta. Neste parágrafo nos deteremos apenas em projetos e construção nacionais, não entrando em detalhes sobre as reformas e os serviços de manutenção dos meios da Esquadra, mesmo os de maior vulto, como as reformas dos Navios-Aeródromos (NAes) *Minas Gerais* e *São Paulo*.

Novo impulso veio no período entre 1936-1946 e, principalmente, com o advento da Segunda Guerra Mundial, com a construção de uma série de navios de projetos estrangeiros: três contratorpedeiros classe M e seis classe A, seis corvetas classe C e o Monitor Fluvial *Parnaíba*, este ainda em serviço na flotilha do Mato Grosso. Os classe C e o monitor foram, provavelmente, projetados no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). Os classes M eram de projeto norte-americano e os classe A de projeto inglês.

Entre 1946 e 1976, o AMRJ projetou e construiu três navios hidrográficos classe

*Argus*, dois navios-patrolha fluviais classe *Raposo Tavares* e três classe *Amapá*. Também construiu seis navios de patrulha da classe *Piratini*, com projeto e equipamentos americanos. Mencionamos aqui apenas a construção naval militar, sem mencionar navios civis ou reparos e conversões realizadas no período.

A partir do início da década de 1970, houve um novo impulso com a obtenção das fragatas classe *Niterói* da Vosper-Thornycroft, que construiu quatro navios da classe na Inglaterra e forneceu o projeto de construção e os sistemas, equipamentos e materiais para construir as outras duas, *Independência* e *União*, no AMRJ, cobrindo o período de 1972 a 1980. Contudo, o projeto e autoria intelectual continuava sendo de propriedade inglesa.

Utilizando as linhas do casco das fragatas inglesas, foi projetado pela Diretoria de Engenharia Naval (DEN) o Navio-Escola *Brasil*. Coube ao AMRJ o projeto de detalhamento e a construção. Projeto e construção ocorreram entre 1974 e 1983.

Com os requisitos operacionais das corvetas classe *Inhaúma* promulgados em 1978, a DEN realizou a concepção, o projeto preliminar e o projeto de contrato dessa classe de navios. O AMRJ executou o projeto de detalhamento e construiu duas das corvetas. A duas outras foram construídas pelo estaleiro Verolme, mas com o AMRJ atuando como estaleiro líder, isto é, fornecendo todos os planos e especificações de construção. A última corveta *Inhaúma* foi concluída em 1994.

As corvetas *Inhaúma* foram os primeiros navios de combate projetados e construídos

no Brasil em toda a nossa história republicana. Foram quatro protótipos iguais. Inicialmente esperava-se obter doze corvetas, mas restrições orçamentárias reduziram-nas a somente quatro navios.

Dada a urgência por novos meios operativos, não foi possível construir inicialmente apenas a primeira corveta da classe, obviamente um protótipo, e durante pelo menos dois anos proceder intensamente à sua avaliação de engenharia e operacional, identificando deficiências a sanar e aperfeiçoamentos a serem introduzidos nas que a seguir se construíssem. A experiência obtida só pôde ser aplicada numa classe seguinte, a *Barroso*.

A Corveta *Barroso* é o único navio de sua classe. Seu projeto e sua construção dividiram-se entre a DEN e o AMRJ, tal como na classe *Inhaúma*, estendendo-se entre 1994 e 2009, devido aos notórios percalços econômicos do País.

Citemos, ainda, o projeto e a construção do Navio-Tanque *Gastão Motta* entre 1989 e 1991 pela Ishibrás. Foram construídos também navios-hospital fluviais e avisos de instrução. Mais recentemente, concluíram-se o projeto e a construção de avisos hidrográficos fluviais, e está em andamento a construção dos seis primeiros navios de patrulha classe *Macaé*, com previsão para 27 unidades, mas de projeto francês.

O programa de obtenção dos submarinos IKL-1400 começou em 1982 com a assinatura dos contratos com o estaleiro alemão. O primeiro da classe *Tupi* foi construído em Kiel, na HDW e os demais três no AMRJ, no período de 1986 até 1999. Na sequência foi construído um exemplar da classe *Tikuna*, evoluído da classe IKL-1400. Aqui

**As corvetas *Inhaúma*  
foram os primeiros navios  
de combate projetados  
e construídos no Brasil  
em toda a nossa história  
republicana**

é preciso ressaltar que sempre todos os sistemas, equipamentos e materiais, inclusive o aço, vieram da Alemanha. Aliás, o mesmo sucedeu com os navios da classe *Niterói* construídos no AMRJ.

Paralelamente, a DEN trabalhou no projeto do submarino SNAC-1 (Submarino Nacional Convencional) do início de 1986 até o final de 1988. Infelizmente, a penúria financeira e a falta de vontade política acabaram por dissolver as equipes técnico-operativas-gerenciais altamente especializadas, sem que se conseguisse iniciar a construção de um único submarino genuinamente nacional. Não fosse esta triste realidade, hoje seguramente teríamos a experiência necessária para projetar navios de superfície e submarinos no Brasil.

No Centro de Projeto de Navios (CPN), o autor teve a oportunidade de constatar que há um bom número de projetos nacionais muito interessantes e que não tiveram a oportunidade de se tornar realidade.

Por que este breve arrazoado? Em 114 anos, desde o ano de 1900, contabilizamos, grosso modo, a construção, no Brasil, de cerca de 45 navios militares. Destes, aproximadamente 27 foram projetados no AMRJ e na DEN, sendo os demais construídos com base em projetos estrangeiros ou derivados destes. Esta conta resulta numa média de construção de 0,38 navios/ano no total, e se considerarmos apenas os navios projetados no Brasil, a média construída cai para 0,24 navios/ano.

E, ainda assim, com alguns longos intervalos de inanição, que tiveram como consequência a inconstância de preservação das equipes de projeto, sem a evolução gradual de tecnologia nacional. A duras penas, o pessoal do AMRJ envolvido nos trabalhos de manutenção de navios foi mantido, e ainda assim não da maneira ideal.

Podemos dizer que o período em que os engenheiros brasileiros realmente foram treinados e trabalharam para criar, modificar,

adaptar e absorver tecnologia moderna foi aproximadamente entre 1974 e 1990 – apenas 16 anos em 114 anos, período que estamos considerando. E todo este trabalho foi literalmente perdido com a descontinuação dos projetos e dissolução das equipes de engenheiros.

Como consequência direta, agora que foi decidida a construção de cinco novas corvetas evoluídas da classe *Barroso*, os estudos de exequibilidade foram feitos pelo CPN, mas

todas as demais fases do projeto tiveram que ser contratadas com um escritório de projetos estrangeiro, a Vard, em Niterói, parte do grupo Fincantieri.

**O período em que os engenheiros foram treinados e trabalharam para criar, modificar, adaptar e absorver tecnologia moderna foi aproximadamente entre 1974 e 1990 – apenas 16 em 114 anos; trabalho literalmente perdido com a descontinuação dos projetos e dissolução das equipes**

## NECESSIDADE DE PROJETAR E CONSTRUIR

Sabemos que os países adiantados vendem “pacotes” de projetos para montagem em estaleiros de clientes mundo afora. Abrem mão da construção, mas detêm a tecnologia de projeto, sua propriedade intelectual, o fornecimento de sistemas,

equipamentos e materiais e garantem o financiamento. Isto é, na verdadeira acepção da palavra, um garrote. Importante mesmo é o trabalho intelectual de desenvolvimento de ciência e tecnologia.

O resto, o que foi construído não importa onde, é material “perecível” que provavelmente será descartado antes do final de sua vida útil, devido à obsolescência, ficando o cliente com um “brinquedo” velho e caro na mão e precisando encomendar um novo, que, por sua vez, já será velho quando for obtido, enquanto o fornecedor já estará novamente muitos passos à frente.

Para piorar, quando há uma demanda operacional inadiável, tornam-se inevitáveis as denominadas compras de oportunidade de navios estrangeiros, geralmente no fim de vida útil. Estes ciclos de atraso crônico são a consequência de um mal endêmico no Brasil, função da miopia política ou falta de cultura e educação das autoridades responsáveis pela administração pública.

Para fazer uma rápida comparação ou ilustração do que estamos comentando, tomemos dois exemplos: a Royal Navy (RN) e a Marinha da Alemanha. Desde 1970, a RN incorporou, com tecnologia própria em projeto e construção, cerca de 117 meios navais, ou uma média de 2,66 navios/ano. A Alemanha, com uma Marinha muito menor do que a RN, incorporou, em linhas gerais, cerca de 63 navios no mesmo período, resultando numa média de 1,43 navios/ano, também com tecnologia própria.

No mesmo período fizemos o projeto das corvetas, dos navios-patrolha fluviais e de outros navios menores e construímos

em torno de 30 navios, incluindo os meios fluviais – navios de combate de fato, duas fragatas e quatro submarinos com tecnologia estrangeira, cinco corvetas com projeto nacional, um navio-tanque, seis navios de patrulha de 200 tons e seis de 100 tons e dois classe *Macaé*, estes também com projeto estrangeiro. Disso resulta uma média de 0,68 navios/ano construídos e apenas 33% deles com projeto nacional, mas com consultoria estrangeira. Esses fatos demonstram a nossa vulnerabilidade.

A obtenção de qualquer nova classe de navios de guerra não é um fato isolado. Cada novo meio a ser projetado, construído

---



---

**Ciclos de atraso crônico são a consequência de um mal endêmico no Brasil, função da miopia política ou falta de cultura e educação das autoridades responsáveis pela administração pública**

---



---

e incorporado deve ser uma peça na construção gradual e lógica do poder naval indispensável ao País. O conhecimento e a experiência obtidos no projeto, construção, manutenção e operação de cada classe de navios são a base indispensável para a escalada contínua na construção e no desen-

volvimento do poder naval.

Em particular, o conhecimento resultante de uma intensa avaliação de engenharia e operacional do primeiro navio de uma nova classe, durante mais de um ano antes de sua incorporação, é indispensável para identificar deficiências e projetar aperfeiçoamentos a introduzir nos demais navios da mesma classe a serem construídos. Além disso, se a classe for numerosa, ela deve ser produzida em grupos (*flights* or *batches*) de poucos navios, cada grupo beneficiando-se de aperfeiçoamentos resultantes da avaliação dos grupos anteriores e das novas tecnologias que se vão tornando disponíveis.

Nas Marinhas poderosas, em que as classes de navios são mais numerosas, não raro ocorrem interrupções a certa altura para a reavaliação do projeto, ou mesmo a interrupção da classe, com a criação de uma outra diretamente derivada da primeira.

Essa constante aplicação de conhecimentos adquiridos em anos seguidos de projeto, construção, avaliação, operação, manutenção, reavaliação e modernização também demanda e desenvolve constantemente os produtos e os serviços na base industrial de defesa. Sem demanda não pode haver base industrial de defesa. E sem base industrial de defesa não pode haver um poder naval forte e com a necessária credibilidade.

O Brasil não precisa ter a ambição de querer se ombrear com as Marinhas gigantes, como a Marinha dos EUA (USN). Mas é necessário ter uma Marinha de tamanho adequado e tecnologicamente avançada para angariar o respeito dos aliados mais poderosos.

**É necessário ter  
uma Marinha de  
tamanho adequado e  
tecnologicamente avançada  
para angariar o respeito  
dos aliados mais poderosos**

## NAVIOS-ESCOLTA PARA A MB

### *Composição da força de escoltas*

O Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (Paemb) preconiza genericamente 30 escoltas com deslocamento de cerca de 6.000 toneladas. Entretanto, temos que avaliar os conceitos de manutibilidade e, conseqüentemente, a disponibilidade dos meios para verificar qual será o maior número possível de navios disponíveis a qualquer instante. O escolta aqui proposto deveria ser considerado o cavalo de batalha da esquadra, assim como é o DDG-51 na USN, considerada como o “*workhorse of the fleet*”.

Mas não deveria ser o único tipo de escolta da Esquadra. A distribuição das missões deve contar com a possibilidade de dispor-se de pelo menos dois tamanhos de navios de linha: uma fragata maior e uma corveta menor, além dos OPVs (Off-shore Patrol Vessel). Esta composição precisa considerar os custos de obtenção e de ciclos de vida de cada classe, a otimização econômica e operacional de cada tipo de missão e a disponibilidade.

Na composição da Esquadra, um meio menor seria adequado, e o autor sugere a leitura do trabalho publicado na *RMB* 2º trimestre/2013. Uma corveta denominada de CV-3000, com 3.000 tons de deslocamento poderia ser adequada. Na realidade, este meio já seria o limite entre uma corveta e uma fragata leve e tem o porte da antiga classe F-21 *Amazon* da RN, que demonstrou seu valor na Guerra das Malvinas, combatendo nos mares antárticos durante o inverno austral.

Provavelmente não conseguiremos construir 30 escoltas do porte da F-6000M2. Achamos que seria razoável considerar, por exemplo, uma proporção de 40% ou 12 escoltas F-6000M2 e 18 corvetas do tipo CV-3000 para a composição dos 30 escoltas para a Esquadra, como preconizado no Paemb.

### *A classe principal de escoltas: fragata ou destróier?*

Em cada Marinha notamos tendências variadas na classificação dos seus meios navais em corvetas, fragatas ou destróieres. Geralmente esta classificação vem associada ao deslocamento dos navios. Embora a

F-6000M2 aqui proposta tenha um porte maior e mais próximo de um destróier, vamos preferir, por ora, manter a nossa tradição desde a década de 1970 e chamá-la de fragata. Mas esta classificação, no momento, é irrelevante.

### **Missões, requisitos de operação e capacidades desejadas**

Uma nova classe de escoltas preconizada pelo Paemb precisa satisfazer a uma multiplicidade de missões que é impossível de ser racionalmente realizada por um único tipo de navio. Equipar um navio com todos os elementos necessários para a consecução de todas as tarefas ficaria caríssimo e resultaria num grande desperdício de capacidade operativa. Resultaria também num menor número de navios que poderiam ser obtidos, operados e mantidos com recursos realisticamente disponíveis, historicamente escassos.

#### Missões

Atualmente, as Marinhas classificam seus navios, segundo suas principais missões, em AAeW (Anti-Air Warfare), ASW (Anti-Submarine Warfare) e ASuW (Anti-Surface Warfare). Todos os navios de uma mesma classe precisam e devem ter sistemas de combate, armas e propulsão comuns para uniformizar o projeto, a compra, a construção, a manutenção, a operação e o treinamento em todos os aspectos.

Mas dependendo da principal missão a ser atribuída a cada navio, haverá obrigatoriamente um diferencial de sensores e armamentos específicos, como, por exemplo, radares e mísseis dedicados às missões AAeW para defesa de área de forças-tarefa. Ou deverão ter sonares de casco maiores ou rebocados, no caso de missões ASW, itens muito caros e sofisticados. Estes na-

vios, em ação conjunta com seus próprios helicópteros embarcados, e também com aqueles embarcados em outros navios, além dos MPA (Maritime Patrol Aircraft) baseados em terra e de longo alcance, farão a varredura de grandes áreas marítimas para detectar e engajar submarinos inimigos.

Os de versão ASuW, embora otimizados para ações de superfície, também não poderão prescindir de bons radares e pelo menos um sonar de casco para sua proteção e consecução de objetivos. A classe ASuW poderá, ainda, embarcar comandos ou mergulhadores de combate para missões de infiltração. São navios de emprego geral, mas com forte perfil de apoio a operações anfíbias.

Fica evidente que cada tipo deve ser preferencialmente empregado para sua missão principal, mas, durante operações em seus vários níveis de intensidade, dificilmente um navio não será confrontado com tarefas que não sejam as suas específicas. Todos precisam se proteger contra torpedos, mísseis antinavio, bombas, ameaças assimétricas etc. Portanto, uma das tarefas iniciais da engenharia é avaliar o tipo de configuração básica ou denominador comum a todos os meios navais de uma mesma classe, e depois definir os equipamentos e sistemas dedicados às várias missões distintas de alguns navios em função das missões a eles atribuíveis.

Lembremos que a Marinha do Brasil está organizando um sistema de defesa abrangente denominado SisGAAZ. Não faz parte do escopo do presente trabalho entrar em seus detalhes, mas há um requisito denominado de OODA (Observar, Orientar, Decidir, Agir). O sistema providencia uma noção de tudo o que ocorre em nossa área de influência (*awareness*), controle e responsabilidade, mas, se constatada uma irregularidade que demande uma ação corretiva, será preciso dispor dos vetores necessários à consecussão desta ação.

Na opinião do autor, seriam basicamente três os níveis de ação: em profundidade ou mar aberto, que necessita de um escolta poderoso de grande autonomia; um escolta menor (corveta) para ações militares mais próximas da costa e escolta de comboios em situações de crise de alta intensidade; e um terceiro nível, composto de OPVs para proteção de plataformas petrolíferas, navegação em geral e operações SAR (Search And Rescue).

As missões principais da F-6000M2 seriam as seguintes:

a) na versão AAeW, prover melhor proteção de área a uma força-tarefa ou força-anfíbia próxima a um litoral;

b) na versão ASW, prover a máxima proteção a uma força-tarefa ou da costa brasileira na guerra antissubmarino;

c) na versão ASuW, prover a proteção da costa brasileira, segurança da navegação, proteção dos interesses nacionais, apoio a operações anfíbias e emprego geral, como, por exemplo, consecução de missões específicas no âmbito de ação do SisGAAz.

### Requisitos de operação

Quanto aos requisitos de operação, o autor se baseou em algumas suposições que parecem óbvias face às características de nossa longa costa e da área marítima sob nossa responsabilidade e daquela que deve ser submetida à nossa influência. A defesa da nossa área marítima de influência não deve ser limitada à costa, o que faz com que muitos equivocadamente confundam a Marinha com uma guarda-costeira.

A defesa eficaz se dá longe da costa, deve-se engajar as ameaças antes

que elas cheguem perto demais e onde inimigo menos espera. Assim, os meios a serem obtidos pela Marinha do Brasil precisam ter um porte adequado para poder permanecer períodos mais prolongados no mar e carregar mais armamentos, esta aliás uma deficiência das Marinhas da Otan criticada por Norman Friedman – Ref. 19, professor do Naval War College.

Os principais requisitos para o novo escolta da MB poderiam ser resumidos em três tópicos: capacidade militar, autonomia e sustentabilidade. O primeiro é determinado pelo perfil de missões do navio. O segundo, a capacidade de cobrir grandes distâncias e poder permanecer no mar o

maior número de dias possível, sem reabastecimento. Finalmente, a sustentabilidade seria o tempo que o navio é capaz de permanecer em ação de combate num teatro de operações sem ressurgimento e sem redução sensível de capacidade dos seus

sistemas principais – Ref. 18.

Principais requisitos operacionais:

– capacidade de percorrer a costa brasileira, ida e volta, à velocidade de 15 nós sem qualquer ressurgimento;

– capacidade de ir à costa africana e voltar à velocidade de 15 nós sem qualquer ressurgimento;

– autonomia mínima de combustível e mantimentos de 30 dias;

– disponibilidade mínima de 130 dias de mar/ano e outros 130 dias/ano em condições de suspender;

– calado máximo para docagem: 6,00 m na quilha + 0,96 m (20% de 4,80 m) ou + 1,50 m do domo do sonar.

**A defesa eficaz se dá longe da costa, muitos equivocadamente confundem a Marinha com uma guarda-costeira**

### Capacidades desejadas

Raio de ação não menor que 5.000 n.m. (nautical miles) à velocidade de 15 nós (capacidade mínima para percorrer a costa do Chui ao Oiapoque sem reabastecimento). Além desta premissa, uma outra relativa à capacidade de operar em áreas do Atlântico Sul, com limites na costa ocidental da África, sem reabastecimento ou ressuprimento durante pelo menos 30 dias. Assim, devemos vislumbrar algumas distâncias para exemplificar este requisito: Rio de Janeiro a Lagos – 3.300 n.m., a Capetown – 3.300 n.m. e a Luanda – 3.350 n.m. Natal a Dakar – 1.600 n.m. e Rio Grande a Capetown – 4.000 n.m.

Velocidade de cruzeiro definida em 18 nós e máxima de 28 nós. Este critério se baseia na Royal Navy, que justifica esta velocidade máxima como adequada para a mobilidade operacional e estratégica. Em combate, a velocidade menor do que 30 nós é compensada largamente pelos vetores como mísseis e helicópteros. Capacidade de embarcar e operar dois helicópteros Super Lynx AH-11A ou MH-16 ( Sikorsky S-70 ).

### Lições a serem aprendidas

Na Ref. 11 faz-se uma análise detalhada dos problemas em que incorreu o Ministério da Defesa inglês durante a fase de obtenção da classe *Daring*. Nos nove parágrafos seguintes, relatam-se alguns tópicos constantes deste trabalho. Em 1998, baseado no SDR (Strategic Defence Review), o governo do Primeiro-Ministro Tony Blair lançou a construção de 12 modernos destróieres T 45. O contrato inicial foi assinado em dezembro de 2000 com a BAe Systems por 1 bilhão de libras para a construção dos três primeiros navios de um total de 12.

Como ficou demonstrado mais tarde, os analistas à época já comentavam que o con-

trato estava subavaliado em 500 milhões de libras. Em 2003 iniciou-se a construção do primeiro da classe, o *Daring*. Em 2004 o governo reviu para baixo seus objetivos, reduzindo o número total da classe para oito navios. E em 2006, uma nova revisão reduziu o total da classe para seis navios.

O programa de obtenção da classe T 45 foi algo extremamente malsucedido num país com grande tradição na construção de navios de guerra sofisticados. Os contratos de construção foram assinados antes de haver um projeto definitivo, os requisitos do Ministry of Defence (MoD) foram continuamente modificados durante a fase de construção, e o MoD, como autoridade de projeto, “não tinha nenhum controle sobre o cronograma nem sobre o fluxo de caixa”. As informações lhe eram passadas por aquele que deveria ser fiscalizado: o consórcio BAe Systems & Vosper Thornycroft (BVT).

Um órgão que tinha uma eficiência comprovada era o DPA (Defence Procurement Agency), que foi fundido com o DLO (Defence Logistic Organization), resultando em novo órgão, o DE&S (Defence Equipment & Support), que se revelou ineficiente. Uma ação governamental bem intencionada, que visava à racionalização dos trabalhos na área de defesa, teve efeitos negativos.

Otimismo excessivo e altos riscos mal avaliados de novas tecnologias ainda não consolidadas colaboraram com os atrasos. Os navios estavam subarmados, faltavam equipamentos essenciais e tudo, esperava-se, seria resolvido na base do “*fitted for but not with*”. Mas isso só é aplicável se as futuras tecnologias a serem incorporadas já forem conhecidas e aprovadas. O próprio *Permanent Under-Secretary MoD*, Sir Bill Jeffrey, reconheceu em 2009, perante um *parliamentary comitee*, que os riscos assumidos foram subestimados.

A complexidade de um navio de guerra moderno requer que os sistemas de propulsão, geração de energia, auxiliares, controle de avarias e o sistema de combate (comando, controle, comunicações, computadores, inteligência, vigilância e armas) sejam todos integrados. Este fato demanda que haja um claro entendimento de todos os tipos de tecnologia a serem incorporados ao navio.

Um requisito do Ministry of Defence MoD preconiza que dos seis navios cinco estarão disponíveis a qualquer tempo para a Esquadra, embora em vários níveis de prontidão. Dizem que as tecnologias disponíveis tornam os navios tão confiáveis que poderão permanecer 35% de seu ciclo de vida no mar, e outros 35% disponíveis para suspender.

Com o objetivo de reduzir custos, o consórcio BVT resolveu construir módulos ou seções do navio em vários estaleiros que nunca haviam trabalhado juntos. Foi outra decisão fatal, embora esta metodologia funcione muito bem na Alemanha, por exemplo, onde há décadas todos os meios navais da Marinha do país são construídos em parceria pelos estaleiros Blohm & Voss (Hamburgo), Lürssen (Bremen), Nordseewerke (Emden) e Peene-Werft (Wolgast), onde a autoridade de projeto é o Ministério da Defesa, por meio do órgão BAAINBw. O estaleiro HDW não participa desses consórcios de construção de meios de superfície, pois dedica-se, no ramo militar, exclusivamente a submarinos.

Durante o projeto do navio, não foi contemplado um orçamento específico para futuros equipamentos a serem instalados no navio na base do “*fitted for but not with*”. Além disso, muitos itens a serem incorporados aos navios da classe *a posteriori* ainda não estavam maduros durante a fase de construção, levando a atrasos incontornáveis.

Todos estes fatores somados levaram a uma escalada descontrolada de preços que obrigou o MoD a renegociar o contrato em 2007. Como o preço foi fixado pelo MoD na assinatura do contrato, enquanto o projeto do navio ainda não estava maduro, isso resultou numa grande área de atrito do governo com a indústria e numa espiral ascendente de custos. O programa, que começou prevendo 12 navios, terminou 14 anos mais tarde com a metade.

A vulnerabilidade do programa foi função de requisitos que se modificavam rapidamente, mesmo com o navio já em construção, uma fé desproporcional em tecnologias que os projetistas consideravam multiplicadoras de poder militar e, principalmente, de falhas na direção e na gerência do projeto. Na Ref. 11 sugere-se que, em qualquer parte do mundo onde se queira renovar a Esquadra, os responsáveis pelos projetos deveriam estudar detidamente o caso *Daring*.

### **Conceito de manutenção, disponibilidade e confiabilidade**

Um requisito que deve ser desenvolvido nos primeiros estágios do projeto de um novo navio diz respeito ao conceito de manutenção. Trata-se de um *top level requirement*. O conceito de manutenção é uma descrição resumida sobre as considerações de manutenção, suas limitações e o planejamento do apoio operacional ao navio objeto do projeto.

Deriva do “Conceito de Operações”, sendo um importante fator de projeto e apoio do novo navio. Os requisitos do conceito de manutenção são transformados em requisitos de projeto e apoio. À medida que o projeto do navio evolui, o conceito de manutenção continua influenciando as decisões de projeto, detalhes de manutenção e requisitos de apoio.

Assim sendo, vamos estimar aqui o *top level requirement* relativo ao “Conceito de Operações”, baseados em exemplos reais como, por exemplo, o da classe F-124 *Sachsen*, que contratualmente preconiza 130 dias de mar por ano. Mas quanto aos demais dias do ano, podemos estimar outros 130 dias de disponibilidade e o saldo de 165 dias, destinados à manutenção e a treinamentos.

A eficácia dos procedimentos preconizados e implantados resultará na disponibilidade e na confiabilidade dos meios navais, com reflexos diretos nos custos de ciclo de vida dos navios. Quanto maior o número médio de navios operacionais ou disponíveis, melhor terá sido o resultado da manutenção.

Os serviços precisam também ser classificados antecipadamente pelo nível de importância, identificando-se onde serão executados: a bordo, no estaleiro e docado, atracado no cais do estaleiro, arsenal ou base e, finalmente, serviços necessariamente executados pelos fornecedores nas diversas situações aqui enumeradas. Importante, também, serão a organização e a delegação das responsabilidades pela manutenção em geral, bem como o estabelecimento de uma política geral de reparos com definição de critérios do tipo “reparar ou trocar”.

Disponibilidade tempestiva de sobressalentes, fornecimento e transporte rápido de sobressalentes e insumos, disponibilidade presencial e proativa dos fabricantes fornecedores e sua integração com os quadros de manutenção da Marinha são condições indispensáveis para se obter um bom resultado.

Estoques de peças de todos os tipos devem ser feitos de forma racional para atender minimamente às manutenções programadas. Mas existem emergências, e algumas peças precisarão ser estocadas por períodos maiores, mesmo correndo o

risco de nunca serem necessárias. Citando um exemplo, o Arsenal de Wilhelmshafen mantém um estoque de 72 mil itens, com cerca de 132 mil movimentações por ano, totalizando 3 mil toneladas e, em 2013, foram despachadas 7.500 encomendas para todos os lugares do globo (Fonte: Marine Forum 1-2/2015 p. 31).

O projeto das instalações internas do navio é fundamental para obter-se uma grande funcionalidade ou praticidade na manutenção. Detalhes simples, como prover espaço para que o giro de uma chave de boca possa desapertar uma porca sem restrições, ou complicados, como as vias de acesso para retirar e baixar componentes maiores da propulsão (por exemplo, módulos da turbina a gás) e uma infinidade de outros detalhes a serem contemplados ainda na “prancheta”.

Existem itens de manutenção que permitem ao navio suspender sem problemas; outros idem, mas com restrições; e, finalmente, itens que indisponibilizam o navio de suspender. As causas podem ser de natureza programada ou emergencial. Haverá sempre uma disputa de tempo entre o pessoal operativo e o da manutenção. Os primeiros terão os dias de mar programados e os imprevistos. A manutenção terá seus períodos de atividades programados e os serviços serão emergenciais.

Mas todo este planejamento da manutenção preventiva e programada para o ciclo de vida do navio deve contemplar o número contratual mínimo de dias de mar/ano, dias na base mas pronto para suspender e os períodos anuais e plurianuais de manutenção. Quanto melhor for a manutenção preventiva, menores serão as incidências de imprevistos, mas não são inevitáveis.

Grosso modo, os serviços de manutenção podem ser classificados em três níveis:

a) Manutenção a bordo: Pode ser feita em viagem ou com o navio atracado na

base. São serviços menores, corretivos ou preventivos, cujos sobressalentes podem ser estocados a bordo, com disponibilidade de ferramentas e instrumentos de teste e pessoal especializado integrante da tripulação.

b) Manutenção de base: Serviços de maior envergadura, a serem executados por pessoal de terra e, normalmente, substituição de componentes, em vez de reparos. Possível participação de fornecedores. Os serviços podem ser tanto de natureza programada como emergencial.

c) Manutenção de arsenal/estaleiro: Geralmente, trabalhos de maior vulto e programados e com possíveis docagens. Execução por pessoal especializado em terra e com a necessária participação de fornecedores. Como exemplo, podemos citar os períodos de grandes reparos e *overhauls*.

## Custos

Os custos são, principalmente, função do tamanho do navio, sistemas de combate e armas a serem integrados para a consecução de suas missões, e dos custos operacionais, de treinamento e de manutenção. Outro fator de custo muito importante é o tipo de propulsão escolhida e seus custos correlatos. Portanto, desde o início, ainda durante o estudo de exequibilidade, as escolhas feitas para atender aos requisitos atribuídos ao navio influenciarão no custo do ciclo de vida do novo meio naval.

Modernamente, o custo de obtenção de um meio naval reflete o custo total do ciclo de vida do navio. Cobre desde projeto e construção, operação, logística industrial e operacional, manutenção de rotina e modernizações de meia-vida até a desmobilização e sucateamento. Para navios da classe de fragatas ou destróieres, considera-se um ciclo de vida de 30 a 35 anos e, pelo menos, uma modernização

abrangente de meia-vida. Os custos dos modernos sistemas de combate e de armas têm crescido exponencialmente, podendo igualar ou exceder os custos da plataforma.

É provável que, com a evolução cada vez mais rápida de sistemas eletrônicos, os navios ora em fase de projeto venham a ter mais de uma modernização de meia-vida do sistema de armas.

Podemos classificar os diferentes fatores de custo da seguinte maneira:

– Custo de ciclo de vida – Este é o custo que cobre o ciclo de vida do meio, desde o início do projeto até sua desincorporação e seu sucateamento.

– Custo de projeto – Engloba os estudos e os projetos do novo meio, avaliação da base industrial e tecnológica (universidades e empresas civis) a serem envolvidas na construção e apoio ao ciclo de vida, gerando os planejamentos logísticos de apoio, manutenção e operacionais.

– Custo de construção – Refere-se à construção do meio propriamente dito, com todos os custos que cobrem o que é necessário para construir o navio, incluindo sistemas, equipamentos, materiais, processos, gerenciamento, mão de obra, testes e provas. Demanda uma estrutura técnico-gerencial para a consecução do projeto, a logística industrial de compras, testes de cais e de mar até a aprovação e o recebimento pelo cliente e a incorporação do novo escolta à Esquadra.

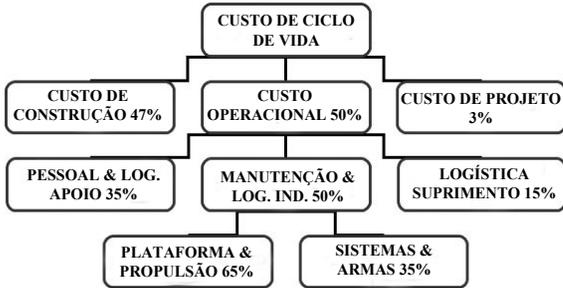
– Custo operacional – Diz respeito ao apoio logístico integrado, elaborado na fase de projeto do navio, cobrindo itens como:

a) pessoal & logístida de apoio – soldos, alimentação, saúde, treinamento, fardamento e equipamento de uso pessoal.

b) logística de suprimento – combustíveis, lubrificantes, mantimentos, munição e

mísseis, material seco em geral; centros de abastecimento e navios de apoio logístico.

c) manutenção & logística industrial – peças, manutenção em geral, modernizações, reformas de meia-vida, arsenais, estaleiros e indústria, contratos de manutenção de fornecedores.



Acima ilustramos a distribuição dos custos de ciclo de vida de um escolta segundo um estudo elaborado pela Thyssen-Krupp Marine Systems:

O custo de projeto preconizado no organograma da Thyssen & Krupp acima é igual àquele do Congressional Budget Office para a classe DDG-51. Demonstra, pois, ser um percentual bem coerente. No caso da classe DDG-51, 3% do custo de uma unidade representam cerca de US\$ 94 milhões como custo de projeto. Mas a classe já está em produção há 30 anos e 60 navios já

foram construídos, ou dois por ano – Ref. 24.

Segundo dados do Congressional Budget Office (USA) do FY-2010, naquele exercício fiscal, o custo de construção de cada navio da classe DDG-51 série Flight II-A, deveria ser de cerca de US\$ 1,484 bilhões, ou 49% do seu respectivo custo de ciclo de vida, com

o custo de operação anual de cada navio da classe DDG-51 girando em torno de US\$ 42,4 milhões, resultando em US\$ 1.486 milhões para 35 anos de vida, ou 48% do custo de ciclo de vida. Somados os custos de construção e operação, temos um total de US\$ 3.042 milhões, que representa 97% do total. Os restantes 3%, iguais a US\$ 94 milhões, correspondem ao custo de projeto.

Os dados apresentados mostram claramente que o custo para manter e constantemente aperfeiçoar uma equipe de projetos é muito baixo: apenas 3% do custo de ciclo de vida de cada navio. Esse custo é indispensável para ascendermos tecnologicamente. Sem ele, será impossível construir e manter um poder naval forte, enraizado em nosso país. Portanto, é imperativo que a Marinha do Brasil mantenha uma equipe de projeto em constante evolução.

Uma equipe de projetos permanente e

**Uma equipe de projetos permanente e evolutiva é o núcleo da inteligência tecnológica que permite à Marinha ser um indutor inteligente da base industrial de defesa nacional e um cliente esclarecido de provedores internacionais**

evolutiva é o núcleo da inteligência tecnológica de uma Marinha de Guerra. Ela é que permite à Marinha ser um indutor inteligente da base industrial de defesa nacional e um cliente esclarecido de provedores internacionais. Essa função é intransferível à iniciativa privada, que só poderá desenvolver-se com um fluxo suficiente e constante de encomendas, tendo que eliminar quaisquer custos não

relacionados com lucros a curto prazo.

Obviamente que os custos comparados entre a USN e a MB são diferentes, mas o que importa aqui é a proporção preconizada pelo Congressional Budget Office (CBO). Admitamos que os nossos custos de pessoal sejam inferiores aos da USN e que o regime

de operação também é menos intenso, digamos 70% do custo operacional da DDG-51, com reflexos no consumo de combustíveis. Assim, podemos inferir que o custo operacional anual da F-6000M2 na MB seria algo em torno de US\$ 42,4 milhões (DDG-51) x 0,7 = US\$ 29,7 milhões/ano (F-6000M2).

Se mantida a proporção média do custo operacional igual a 48% do custo de ciclo de vida, então, por regra de três, o custo de ciclo de vida da F-6000M2 seria de aproximadamente US\$ 2.173 milhões. Então, o custo da construção da nossa futura fragata deveria ser algo em torno de US\$ 2.173 milhões x 0,49 = US\$ 1.065 milhões, considerando o ciclo de vida de 35 anos.

Avaliar quanto custaria de fato a construção da F-6000M2 no Brasil é bastante difícil. Embora se diga que nossos custos são menores, hoje o custo da nossa mão de obra especializada rivaliza com o da estrangeira, mormente devido à sua escassez e aos encargos trabalhistas pesados. Além disso, sabemos que a produtividade dos americanos ou europeus é superior à nossa, além da disponibilidade de tecnologia avançada e automação.

Dito isso, não nos resta outra alternativa do que o método da comparação. Na edição de janeiro/2015 do USNI, pg. 31, o Commander USN (Rtd) Jim Griffin diz que a obtenção de um navio da classe DDG-51 Flight IIA já está custando cerca de US\$ 1,8 bilhão ou +21,3% em relação ao preconizado pelo CBO no FY-2010.

Outra comparação interessante foi obtida no Wikipedia, sobre uma comissão do parlamento alemão, o Bundestag, que examina a explosão de custos dos grandes sistemas

de armas em curso de obtenção. O custo de obtenção de uma fragata da classe F-125 foi aprovado em 12/2004 por 656 milhões de euros e, com base no orçamento de 12/2013, este custo já subiu para 760 milhões de euros (US\$ 866,4 milhões) ou +15,9%. Segundo pesquisa feita pelo autor, este valor tem a mesma ordem de grandeza do custo de obtenção de uma fragata da Marinha dinamarquesa da classe *Iver Huitfeldt*.

Sendo os dois navios (DDG-51 vs. F-125) de tamanhos semelhantes e ambos com alto grau de sofisticação, qual seria a razão desta diferença no custo de obtenção de uma unidade? Assim, somos induzidos a crer que os custos de construção europeus são mais baixos ou mais racionais, qualquer que seja o motivo.

**No Brasil, temos óbices como falta de tradição na construção naval militar e necessidade de importar propulsão, sistemas de combate e armamento e grande número de outros itens**

Este fato certamente está ligado a uma tradição cultural dos americanos *versus* europeus.

No Brasil, temos óbices como a falta de tradição na construção naval militar e a necessidade de importar a propulsão, os sistemas de combate e armamento e um grande número de outros itens.

A reconhecida baixa produtividade nacional, aliada aos elevados encargos trabalhistas e fiscais e à falta de mão de obra qualificada e treinada, resultará num custo bem mais elevado do que o europeu, mas, provavelmente, não tão alto quanto o americano, visto que nos EUA eles ainda incorporam a cultura da fartura e do dinheiro fácil. Estimamos acima US\$ 1.065 milhões pelo padrão americano, ou US\$ 866,4 milhões x 1,30 = US\$ 1.126 milhões pelo padrão alemão, mas certamente algo em torno de US\$ 1.200 milhões por navio construído no Brasil, considerando as incertezas.

TAB. Nº 1: TABELA COMPARATIVA DOS PARÂMETROS DE FRAGATAS E DESTRÓIERS MODERNOS

DADOS TÍPICOS	F-124 (D)	LCF (NL)	F-100 (E)	FREMM (F) + (I)	HORIZON (F) + (I)	T-45(UK) DARING	DDG-51 (USNavy)	F-125 (D)
L	143,0 m	144,2 m	146,7 m	137,0 m	153,0 m	152,4 m	153,8 m	149,5 m
LWL	132,2 m	–	133,2 m	–	141,7 m	143,5 m	142,0 m	–
BWL	16,7 m	18,9 m	18,6 m	19,0 m	20,0 m	18,0 m	18,0 m	18,8 m
T	5,0 m	5,2 m	4,9 m	5,0 m	5,1 m	5,7 m	6,3 m	5,0 m
DISPL. FL	5.600 tons	6.050 tons	5.800 tons	5.500 tons	6.700 tons	7.350 tons	8.300 tons	7.200 tons
V Max.	29 kts	30 kts	29 kts	27 kts	29 kts	29 kts	32 kts	26 kts
Raio Ação	4.000 / 18	5.000 / 18	4.500 / 18	6.000 / 15	7.000 / 18	7.000 / 18	8.150 / 20	4.000 / ?
Propulsão	CODAG 38,3 MW	CODOG 16,8/37,0	CODAG 47,6 MW	CODLAG 44 MW	CODOG 52,0 MW	IEP 44,4 MW	COGAG 78,8 MW	CODLAG 29,4 MW
Tripulação	230 + 13	200 + 30	202 + 48	145	182 + 48	190 + 45	380	110 + 80
Artilharia Principal	1x76 mm SupRapid	1x127 mm OTO54LW	1x127/54 Mk 45-2	1x76 mm SupRapid	1x76 mm SupRapid	1x114mm Mk 8-1	1x127mm Mk 45-1	1 x 127 OTO62LW
Artilharia Secundária	2 x 27 mm	2 x CIWS 30mm	2 x CIWS 20 mm	2 x KBA 25mm	2 x KBA 25 mm	2 x CIWS 20 mm	2 x CIWS 20 mm	2 x 27 mm 7 x 12,7mm
AAeW	ESSM SM-2 MR	ESSM SM-2 MR	ESSM SM-2 MR	ASTER-15 / 30	ASTER- 15 / 30	ASTER- 15 / 30	ESSM SM-2	2 x RAM
ASuW	EXOCET	HARPOON	HARPOON	MM-40	MM-40 III	HARPOON	HARPOON	HARPOON
ASW	MU-90	Mk-46	Mk 46	MU-90	MU-90	STGRAY	ASROC	SUB ROV
He	2 x LYNX	1 x LYNX	1 x SH60B	1 x NH-90	1 x NH-90	LYNX 300	1 x SH60B	2 x NH-90

Países: D, Alemanha; E, Espanha; F, França; I, Itália; NL, Holanda; UK, Inglaterra; USA, Estados Unidos da América.

## Navios de referência

O autor teve grande dificuldade na coleta de informações mais detalhadas sobre os meios a serem comparados, o que, de certa forma, é compreensível, sendo que na mídia especializada aparecem somente aqueles dados que são os mais óbvios e menos comprometedores. Na tabela comparativa apresentada acima, relacionamos uma gama de meios atuais de várias Marinhas, cujas dimensões estudaremos para comparar com aquelas que melhor nos convêm.

As classes F-124 e LCF têm a mesma suíte de radares, embora tenham sistemas de combate de diferentes fabricantes. Para a vigilância, utilizam o Smart-L; para o combate, o radar multifunção Apar. Os holandeses optaram por prosseguir com a versão XI do sistema de combate Sewaco, e os alemães por criar um sistema inteiramente

te novo e tiveram muito mais problemas do que os holandeses.

A classe T-45 utiliza o radar de vigilância S-1850M da Thales, como os alemães e holandeses, mas um radar multifunção da Sampson da BAe Systems. A classe F-125 utiliza uma suíte nova de radares fixos 3D da EADS. E as classes DDG-51 e F-100 utilizam o mesmo radar 3D Aegis SPY-1.

As *Horizon* utilizam uma combinação de radares de vigilância S-1850M baseados no Smart-L da Thales e um de combate multifunção Empar Banda G da Selex Sistemi. As *Fremm* francesas utilizam o radar multifunção Herakles da Thales e as italianas o Empar, da Selex.

## DIMENSIONAMENTO DO NAVIO

Na tabela nº 2 estão relacionados as dimensões e os coeficientes do novo escolta, que

foram definidos e calculados pelo autor, também por comparação com meios similares. Os demais valores foram calculados com base em fórmulas que constam da literatura relacionada no final deste trabalho. Os cálculos tiveram por objetivo chegar a um navio similar aos das classes *DDG-51*, *Daring*, *Horizon* e *F-125* e

calcular suas características principais para satisfazer aos nossos requisitos hipotéticos.

Relacionamos, à guisa de comparação com nossos cálculos da F-6000M2, os valores obtidos de um navio real como a classe *DDG-51*, e da literatura extraímos valores clássicos preconizados por autores

TABELA Nº 2: DIMENSÕES E COEFICIENTES CALCULADOS PARA O ESCOLTA F-6000M2

	F-6000 M2	DDG-51 (Flight I & II)	Valores Consagrados na Literatura Ostensiva
LOA (m)	155,00	154,0	
LWL (m)	144,00	142,0	
BWL (m)	18,00	18,0	
T (m)	6,00	6,30	
D (m)	11,90	12,7	
Froude Number (v max)	(28 nós) 0,383	(30 nós) 0,413	
Vol. Froude Number	1,06	1,14	1,2 "Ref. 28"
SLR (28 nós)	1,200	1,295	
Cb	0,49	0,505	< 0,50 p/ Fn = 0,383
Desloc (m3)	7.620	8.132	
Desloc (tons) c/reservas	7.810	8.335	
LWL / BWL	8,0	7,9	8,00 - 9,50 "Ref. 28"
BWL / D	1,513	1,417	1,50 - 1,55 "Ref. 28"
BWL / T	3,00	2,86	2,8 - 3,2 "Ref. 28"
T / D	0,504	0,496	0,46 "Ref. 28"
LWL / D	12,10	11,18	13,3 "Ref. 28"
Am (m2)	86,40	107,2	
Cm	0,80	0,8275	0,75 < Cm < 0,80 Ref. 28
Cp	0,6125	0,6122	0,55 < Cp < 0,60
Awp (m2)	1.952	2.020	
Cwp	0,7626	0,7910	0,76 "Ref. 12"
As (m2)	2.766	3.032	2.800 "Ref. 12"
KB (m)	3,48	3,42	
BMT (m)	5,53	5,45	
KM (m)	9,01	8,87	
KG (m)	7,02	7,21	
GM (m)	1,99	1,66	Classe F-124 = 1,36 (*)
T (roll) segundos	10,3	11,13	Classe F-124 = 11,4 (*)
LCB (em % Lwl)	- 2,26	+ 1,83	- 1,80 "Ref. 12" - 2,30 "Ref. 28"

(\*): Dados reais obtidos pelo autor.

consagrados – Ref. 28, demonstrando que, para um estudo de exequibilidade, os valores obtidos são bastante satisfatórios. Contudo, alguns parâmetros do *DDG-51* são classificados e tivemos que estimá-los.

Eslarecimentos sobre a última tabela:

1) Todos os dados da segunda coluna relativos à classe *DDG-51* são valores reais e foram obtidos das Ref. 5, 8 e 24. Na terceira coluna, temos valores clássicos preconizados na literatura ostensiva por autores renomados, que precisam ser mencionados à guisa de comparação. Na primeira coluna, o autor relaciona as dimensões, as relações e os coeficientes estimados e/ou calculados pelo autor para o escolta *F-6000M2*, objeto deste estudo de exequibilidade.

2) O autor conseguiu de fonte segura que os REM da MB estipulavam, à época da consulta, um comprimento máximo para o novo escolta igual  $LOA = 155,0$  m. Então, optamos por adotar este comprimento máximo, pois beneficia as qualidades náuticas do novo meio a ser obtido. Observando a lista de navios da tabela nº 1, constatamos a razão média  $LWL/LOA = 92,46\%$ , donde, a nosso critério, adotamos uma  $LWL = 144,0$  m, que resulta em  $LWL/LOA = 92,9\%$ , procurando o maior comprimento possível para a linha-d'água. O valor de “ $SLR < 1,34$ ” vem a ser o limite da razão entre a velocidade máxima do navio e o comprimento da sua linha-d'água. Satisfeita esta condição, podemos dizer que o comprimento da linha-d'água é adequado para a velocidade máxima definida do navio.

3) Comparando com a boca dos navios da tabela nº 1, resolvemos arbitrar uma boca  $BWL = 18,0$  m, que, verificada a relação ou esbeltez  $LWL/BWL = 8$ , revela-se melhor do que aquelas dos navios da tabela e fica na faixa preconizada pela literatura. É preciso atentar para o fato que o aumento da boca tem um impacto negativo na demanda de potência de propulsão.

4) Com base no número de Froude  $= 0,383$  para a velocidade máxima  $= 28$  nós, arbitramos um coeficiente de bloco  $= 0,49$ , dentro da faixa preconizada na literatura Ref. 28. Por comparação, optamos por um calado na quilha de  $6,0$  m, para obter o máximo deslocamento para o coeficiente de bloco escolhido. O aumento do calado é o menor dos males quando se contempla as influências negativas das outras dimensões na demanda de potência de propulsão. Disso resultou o deslocamento máximo igual a  $7.620$  m<sup>3</sup>.

5) No passo seguinte, examinamos as relações entre as diversas dimensões que são indicadoras do pontal e da estabilidade ( $BWL/D$ ) e ( $BWL/T$ ), esbeltez ( $LWL/BWL$ ), bordo livre ( $T/D$ ) e rigidez da viga-navio ( $LWL/D$ ). Todos os valores calculados para a *F-6000M2* foram comparados com a literatura e com aqueles da classe *DDG-51*.

6) Com base em fórmulas e gráficos das Ref. 12, 22 e 28, determinamos os coeficientes da seção mestra, prismático e do plano de flutuação, calculando com eles as áreas da seção mestra e do plano de flutuação. Com auxílio destas referências, calculamos igualmente a área molhada.

7) Finalmente, foram calculados os centros e o período de jogo, também com base nas Ref. 5, 12, 22 e 28. Sem fugir à regra, os resultados sempre sendo comparados com a literatura e com valores reais obtidos pelo autor. Naturalmente, existem diferenças, mas estas só poderão ser refinadas num estágio mais avançado do projeto. Por exemplo, o LCB foi obtido de um plano de linhas sistemáticas de uma corveta projetada por um estaleiro alemão, cujo ajuste para o escolta levou em consideração um procedimento que não altera os centros, segundo as Ref. 10 e 28. Entretanto, vemos uma pequena diferença em relação à classe *DDG-51*.

Resumindo, tratando-se aqui de um estudo de exequibilidade, estes dados

embrionários são bem semelhantes ao que preconiza a literatura e a um exemplo real. Isto nos faz acreditar que as premissas assumidas no dimensionamento da F-6000M2 estão corretas.

## TRIPULAÇÃO, ARRANJOS GERAIS, ARMAMENTO, ELETRÔNICA E SENSORES

### *Tripulação*

Na tabela nº 1, observamos que a média de tripulantes se situa em torno de 235 militares, constituindo uma exceção as classes Fremm e F-125 com números menores e as classes DDG-51 e DDG-79 em diante, com tripulações bem mais robustas. No caso da DDG-51, temos 22 oficiais e 315 subalternos e, na classe DDG-79 *Oscar Austin*, 32 oficiais e 348 subalternos, total 380 homens e mulheres, sendo destes 18 militares do Grupo Aéreo Embarcado (GAE).

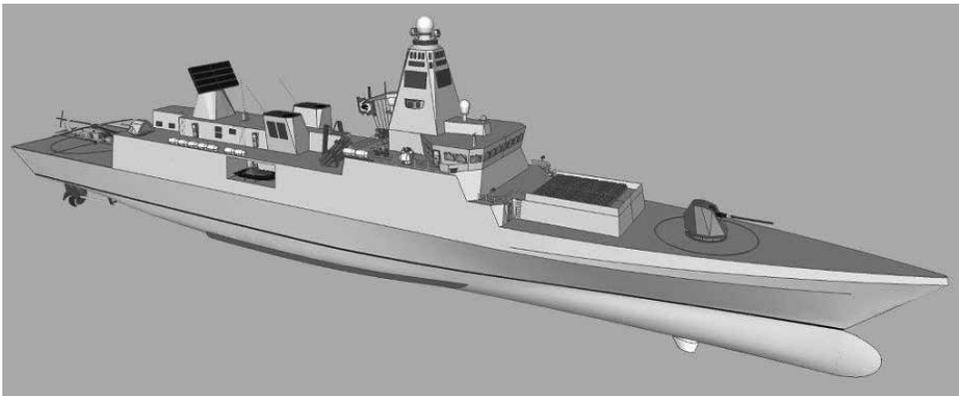
O número de tripulantes vai depender das missões do navio e da tecnologia embarcada, ou seja, do nível de automação adotado. Mas existem fainas de operação, manutenção e CAV (Controle de Avarias) que demandam braços humanos. Na US Navy, tem havido muitas críticas em relação à política do

*Lean Manning*, em que muitos comandantes não se sentem tranquilos com tripulações consideradas subdimensionadas. No outro extremo, uma tripulação mais numerosa diminui o conforto e a autonomia do navio no quesito mantimentos.

Não sabemos explicar a razão desta diferença do número de tripulantes entre os navios europeus e os americanos. Consideramos para a F-6000M2 uma tripulação de 230 homens, por semelhança com os europeus. Mas se aumentássemos para 300 homens, ainda haveria espaço suficiente para prover o conforto necessário, mas a autonomia de mantimentos seria reduzida de 40 para 30 dias, salvo se alterarmos a distribuição do peso útil. Mas este detalhe precisaria ser elaborado pelo pessoal do setor operativo.

### *Arranjos gerais*

O escolta F-6000M2 tem a forma clássica moderna de outros navios da mesma classe. Os costados são inclinados para prover características *stealth*. A ré temos um amplo convoo de 600 m<sup>2</sup> e, dois níveis acima, um convés corrido até a superestrutura do passadiço. A vante do mesmo, temos os silos de lançamento verticais e o *weather deck* onde fica instalado o canhão principal.



Vista lateral da F 6000M2

Arbitramos como o nível 0,00 a quilha do navio. Na cota +2,90, temos o primeiro convés, e este espaço é essencialmente reservado para tanques. Subindo, temos os conveses nas cotas +5,90, +8,90 e o convoo na cota +11,90. Na sequência, outro convés na cota +14,90 e o teto do hangar e convés aberto na cota +17,90. Neste convés aberto, encontram-se os canhões de 57 mm a ré, o radar de busca e vigilância principal, as chaminés, antenas e os lançadores de mísseis antinavio.

A superestrutura de vante abriga o Centro de Operações de Combate (COC) na cota +17,90 e o passadiço na cota +20,90, onde também se localiza o mastro integrado de radares e comunicações, dois canhões de 30 mm a boreste (BE) e bombordo (BB) e os lançadores de *decoys*. O *weather deck* de vante, onde se localiza o canhão de 127 mm, fica na cota +14,90.

Para a divisão interna com anteparas, levamos em conta o critério *three compartment ship*, ou seja, o navio deve permanecer flutuando quando tiver quaisquer três compartimentos adjacentes alagados. Por compartimento estanque entende-se que a antepara é estanque da quilha até o *bulkhead deck*, que, no caso da F-6000M2, é o convés *damage control deck* no nível do convoo ou cota +11,90.

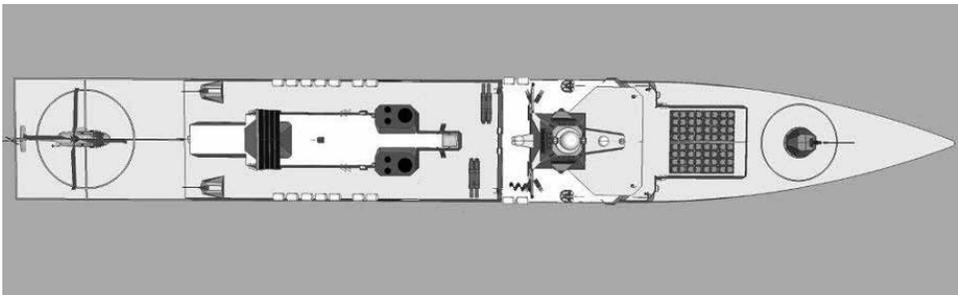
Partindo das linhas e dos coeficientes de um casco de corveta com  $L_{pp} = 86,4$  m,  $B_{wl} = 12,5$  m,  $T = 3,6$  m e deslocamento de

1.890 toneladas, e utilizando procedimentos preconizados nas Ref. 28 e Ref. 10, fizemos a transformação das dimensões da corveta para a F-6000M2, obtendo as linhas do casco ilustradas nas imagens anexas ao texto.

### Armamento

A artilharia é composta por um canhão principal de 127 mm a vante, dois canhões de 57 mm a ré no teto do hangar, um em cada bordo, e dois canhões de 30 mm a meia-nau, também um em cada bordo. A artilharia de 127 mm teria como requisito o engajamento de alvos de superfície e apoio a operações anfíbias. Os canhões de 57 mm devem engajar principalmente alvos aéreos, como mísseis, aeronaves e helicópteros, mas também alvos de superfície. Os canhões de 30 mm seriam para alvos assimétricos, como mergulhadores, minas flutuantes, enxames de botes de alta velocidade ou piratas e helicópteros Ref. 14 e 15.

Um sistema de lançadores verticais pode abrigar uma série de mísseis variados. Escolhemos o sistema MK-41 americano, que pode utilizar mísseis antiaéreos SM-2, ESSM e RAM Block-2, mísseis antissubmarino Asroc, alguns tipos mais sofisticados e maiores de *decoys* e mísseis especiais, como PAM (Precision Attack Missile). Os mísseis antinavio são abrigados em lançadores dedicados, como no caso dos Exocet a bordo da classe *Niterói*. Todas estas informações



Vista de topo da F 6000M2

estão disponíveis nos *sites* da Raytheon e da Lockheed & Martin. Para missões ASW, o navio dispõe de dois compartimentos dedicados com dois tubos lançadores de torpedos LWT (Light Weight Torpedoes) cada, embutidos no casco a BE e BB. Arredondando a suíte de armas, o navio foi projetado para abrigar e operar dois helicópteros MH-16 (Sikorsky S-70B) que podem ser equipados com torpedos ou mísseis e drones, dependendo da configuração da missão.

### **Sensores**

As operações em águas azuis têm características diferentes daquelas nos litorais, e as características dos diversos tipos de sensores têm relação direta com os ambientes nos quais deverão ser empregados. Por exemplo, sonares para emprego em águas profundas ou em águas rasas têm características diferentes. Ou radares de busca e vigilância que operam nas amplas vastidões oceânicas trabalham de forma diferente daqueles que operam em ambientes saturados de ruído dos litorais.

Os sensores serão, portanto, selecionados em função das missões principais de cada navio, embora todos os navios precisem ter certas aptidões básicas comuns, que demandarão certos tipos de sensores comuns a todos os navios da classe. Certamente, o conjunto de sensores mais sofisticado e capaz, mas também o mais caro, será aquele para os navios destinados principalmente à defesa de aérea ampla.

Navios que sejam destinados à guerra antissubmarino precisam ter o melhor dos equipamentos para a consecução de suas missões, como sonares rebocados e helicópteros especializados, necessitando apenas de radares para a defesa do navio. Já aqueles especializados em guerra de superfície teriam outras características diferentes dos dois primeiros tipos de escoltas.

Hoje as medidas de guerra eletrônica e comunicação exigem que a eletrônica de tecnologia da informação seja sempre a mais atualizada possível. Informação antecipada pode significar a vitória ou a derrota, a diferença entre a vida e a morte. A guerra eletrônica, a comunicação e a tecnologia da informação são um dos pilares da capacidade de sobrevivência.

### **ESTIMATIVA DE POTÊNCIA, PROPULSÃO, GERAÇÃO ELÉTRICA E AUTONOMIA**

#### ***Estimativa de potência***

Baseados nas Ref. 12, 22 e 28, calculamos primeiramente a área molhada e coeficientes, como os números de Froude e Reynolds. Na sequência, foram calculadas as diversas resistências, a saber: atrito do casco com a água e com incrustações (*fouling*), resistência residual, resistência do vento e a resistência de *head seas*. Todas as resistências somadas, calculamos a potência efetiva de propulsão para cada velocidade. Foram estimadas as dimensões e os coeficientes dos hélices e, consequentemente, o empuxo e a potência dos eixos para as várias velocidades, que resultou numa eficiência de propulsão total média de  $n_T = 0,683$ . Para a velocidade máxima de 28 nós, obtivemos como resultado um *brake power* de 37,3 MW no total.

#### ***Propulsão***

Para as classes de corvetas, fragatas e destróieres, os sistemas mais comuns são os seguintes: Codad, Codog, Codag e Codelag. O sistema Codad (Combination Diesel And Diesel) é mais comum em corvetas e geralmente limitado a uma potência de 16 MW por eixo. O sistema Codog (Combination Diesel Or Gas) foi o

primeiro a surgir, sendo um bom exemplo a classe *Niterói* com dois trens independentes. Mas ainda hoje é empregado com dois trens de propulsão independentes, com as classes LCF da Holanda e F100 da Espanha como exemplos. Um exemplo com *cross connect gear* seriam as nossas corvetas classe *Inhaúma*.

O sistema mais moderno é o Codag (Combination Diesel And Gas), que aciona os dois eixos simultaneamente e permite uma distribuição mais racional da energia de acionamento entre as diversas máquinas propulsoras, normalmente dois motores diesel e uma turbina a gás. Os exemplos atuais são as classes F124 *Sachsen* da Alemanha e *Fridtjof Nansen* da Noruega e o Large Cutter *Bertholf* da USCG.

Existe ainda o sistema Codelag (Combination Diesel Electric And Gas), cujos exemplos são as fragatas da classe F-23 *Duke* da Royal Navy e, mais recentemente, as classes *Fremm* franco-italianas e F-125 *Baden-Württemberg* da Alemanha.

Num estudo feito pelo autor, concluiu-se que, em termos de confiabilidade, os sistemas Codog e Codag praticamente se equivalem. Entretanto, o sistema Codag é mais leve e menos volumoso do que o Codog e permite uma distribuição mais equilibrada das potências das máquinas propulsoras.

Comparando o sistema Codag com o sistema Codelag para um escolta desta classe, o Codelag é 200 toneladas mais pesado do que o Codag, peso este que iria em detrimento da carga útil. Além disso, o Codelag é bem mais caro. E, ainda, um argumento em favor do Codag: a eficiência na transmissão mecânica da energia dos motores aos hélices é maior.

Um argumento de indiscutível vantagem do Codelag é a baixíssima vibração e o nível de ruído durante a propulsão elétrica, que, no caso da classe F-125, chega próxi-

mo dos 20 nós. Mas, no caso dos motores diesel modernos, montados em sistemas duplos de amortecimento de vibração e enclausurados para diminuir o ruído irradiado, os níveis de ruído e vibração são também baixos.

Avaliando todos os prós e os contras, a opção do autor recaiu sobre o sistema Codag – Ref. 13 e 17.

Em função da potência necessária para atingir 28 nós – Ref. 14, foi possível adotar exatamente o mesmo conjunto utilizado na F-124: dois motores MTU20V1163 e uma turbina G&E LM2500. As vantagens de adotar-se uma solução existente, testada e aprovada dispensam comentários: baixíssimo risco e usufruto das experiências acumuladas com as mesmas máquinas nestes dez anos de operação dos três navios da classe, tanto pela Marinha alemã como pelos fabricantes do redutor, a Renk, e dos motores diesel, a MTU.

Entretanto, a diferença no caso da F-6000M2 ficaria por conta da troca da turbina: a G&E LM2500 de 23MW da classe F-124 seria substituída por uma turbina R&R WR-21 de 25 MW, com tecnologia de intercooler e regenerador, que resulta numa economia de 27% de combustível em relação à turbina pura.

No caso da geração elétrica, comparando com os dois modelos de referência para este estudo, a classe F-124 *Sachsen* e a classe DDG-51 *Arleigh Burke*, fazendo-se uma média ponderada, concluímos ser razoável admitir para este escolta uma planta geradora com potência total equivalente a 6,56 MW com quatro grupos diesel-geradores MTU12V4000 G81 de 1,64 MW cada.

Sugerimos a leitura da Ref. 21, cuja tecnologia aplicada à F-6000M2 poderá aumentar sua autonomia em cerca de 13%.

Na tabela nº 3 listamos os principais tópicos relacionados a propulsão, geração e autonomia:

TABELA Nº 3: AUTONOMIA

	F-6000 M2	DDG-51	
Velocidade máxima (nós)	28	30+	
Potência instalada (MW)	39,8	78,8	
Raio de ação (15 nós)	11.640 n.m.	n.d.	
Raio de ação (18 nós)	9.035 n.m. / 502 horas	n.d.	
Raio de ação (20 nós)	n.d.	8.150 n.m. / 408 horas	
Tripulação	230	380	
Autonomia mantimentos	40 dias	n.d.	

Embora tenhamos optado pela solução Codag, calculamos também a autonomia da opção Codelag, para ilustrar alguma vantagem do primeiro. Para cada velocidade, calculamos a autonomia para três regimes distintos de geração elétrica a bordo, a saber: 1,6 MW, 3,2 MW ou 4,8 MW.

### DISTRIBUIÇÃO DE PESOS, CENTROS E ESTABILIDADE

Baseado na Ref. 12 e em exaustiva pesquisa em várias fontes, o autor elaborou a composição do peso leve no navio,

incluindo no final as margens de projeto e as *service life allowances*, a saber:

SWBS100 – peso próprio do casco totalmente vazio: 2.800 tons

SWBS200 – peso do grupo de propulsão completo com acessórios: 650 tons

SWBS300 – peso do grupo de geração e distribuição de energia elétrica: 340 tons

SWBS400 – peso do grupo de sistemas C4&ISR (*command, control, communications, computer & intelligence, surveillance, reconnaissance*): 160 tons

SWBS500 – peso do grupo de instalações: 660 tons

TABELA Nº 4: RAIOS DE AÇÃO

VELOC	POTÊNCIA	MODO		RAIO DE AÇÃO Milhas Náuticas/dias de mar	
		CODAG	CODELAG	CODAG	CODELAG
Kts / m/seg	kW				
15 / 7,72	4.493,1	1 x diesel	1 x e-motor	12.608 / 35 9.832 / 27 8.057 / 22	9.780 / 27 7.750 / 22 6.410 / 18
18 / 9,26	7.845,8	1 x diesel	2 x e-motores	9.853 / 23 8.323 / 19 7.204 / 17	7.570 / 17 6.480 / 15 5.650 / 13
22/11,32	14.871,2	2 x diesel	1 x GT	6.959 / 13 6.290 / 12 5.739 / 11	5.310 / 10 4.840 / 9 4.440 / 8
24/12,35	19.736,8	1 x GT	1 x GT	4.553 / 8 4.281 / 7 4.039 / 7	3.800 / 6 3.570 / 6 3.370 / 5
28/14,40	37.337,6	1 x GT 2 x diesel	1 x GT 2 x e-motores	3.424 / 5 3.289 / 5 3.164 / 4	2.860 / 4 2.740 / 3 2.640 / 3

SWBS600 – peso do grupo de máquinas auxiliares e instalações do casco: 460 tons

SWBS700 – peso do grupo de armamentos (sem mísseis ou munições): 200 tons

A soma destes sete itens SWBS totaliza um deslocamento leve do navio igual a 5.270 tons. Adicionando-se as reservas de projeto e construção igual a 7% (Ref. 12), teremos o deslocamento leve igual a 5.640 tons. O deslocamento máximo igual a 7.810 tons menos as *service life allowances* resulta no deslocamento máximo do navio novo igual a 7.295 tons, ou seja, a margem em peso para futuras modificações é de 515 toneladas. Subtraindo-se de 7.295 tons o valor de 5.640 tons, chegamos a uma carga útil = 1.655 tons, subdividida da seguinte maneira e a nosso critério, a saber:

Mísseis – 80 tons;

Torpedos e Munições – 100 tons;

Grupamento Aéreo Embarcado – 20 tons;

Pessoal e Pertences – 35 tons;

Mantimentos e Medicamentos para 40 dias – 65 tons;

Diesel Naval – 1.100 tons;

JP-5 Aviação – 85 tons;

Lubrificantes – 10 tons;

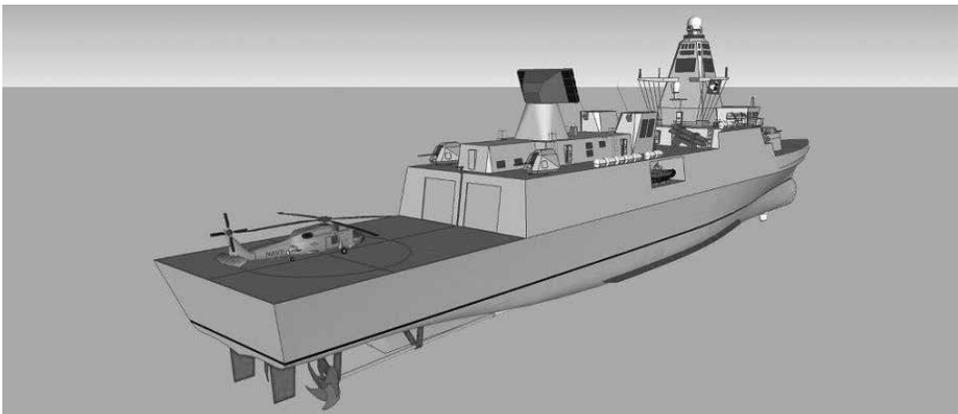
Água potável – 40 tons p/pronto uso, porém com geração contínua; e

Sistema de Tratamento de Efluentes e Água de Reúso para 60 dias e 230 tripulantes – Ref. 18 – 120 tons (120 m<sup>3</sup>).

Na tabela nº 2 estão relacionados os principais centros para o cálculo das principais características do navio, como o centro de gravidade, centro de empuxo, etc. Estes centros foram calculados com dados fornecidos pela literatura relacionada no final deste trabalho – Ref. 8, 12, 22 e 28. Estes cálculos foram comparados com navios reais e, no caso, dada a semelhança da F-6000M2 com a classe DDG-51, optamos por adotar suas informações técnicas.

No estudo das curvas de estabilidade, adotamos uma hipótese simplificadora na qual o navio aderna sem “trim”, ou seja, mantivemos constante a área submersa da seção mestra para o cálculos dos centros e braços endireitadores. Contudo, o certo seria levar em conta o “trim” e, para cada nova área do plano de flutuação a cada inclinação, calcular o respectivo momento de inércia e o raio metacêntrico.

Embora seja a forma mais correta e precisa, ela é trabalhosa e só pode ser realizada com a ajuda de programas gráficos específicos. Mas, nesta fase do estudo, a diferença entre os dois métodos pode ser negligenciada, pois a diferença final não é muito grande.



Vista lateral e de popa da F 6000M2

Resumindo, nos cálculos que fizemos para as curvas “GZ” para vento e curvas com grande inclinação (*high-speed turn*), com os recursos disponíveis até este nível deste trabalho, foram obtidos resultados que satisfazem com larga margem os requisitos mínimos tanto da IMO Resolução A749 (1993), da US Navy, e também da Royal Navy (Ref. 2).

## CONCLUSÃO

A demanda por um tipo novo de escolta principal para a Marinha do Brasil urge, pois a operacionalidade da atual classe *Niterói* vem sendo mantida graças à competência do nosso pessoal de manutenção, mas, certamente, já a custos absurdos. E, ainda pior, a baixa das corvetas já teve o primeiro evento com a mostra de desarmamento da Corveta *Frontin*.

Com a criação do SisGAAz, a obtenção de novos meios navais para engendrar a ação “decidir” e “agir” do ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir, Agir) é absolutamente inadiável. Não adiantará fiscalizar e obter informações (*awareness*) com sistemas sofisticados sem ter os vetores necessários para a consecussão das ações necessárias, além do cumprimento dos acordos internacionais de segurança no mar, controle da

poluição ou proteção da navegação livre, tudo no âmbito da IMO.

Mesmo que o Centro de Projetos de Navios conduza os estudos de exequibilidade do novo escolta, na atual situação seria inevitável termos que contratar um estaleiro estrangeiro financeiramente sólido e experiente para dividir conosco as etapas seguintes, ou seja, os estudos de concepção, preliminares e detalhamento, além da construção propriamente dita. Mas isto seria importante para que possamos desenvolver, ainda

que minimamente, a engenharia nacional, como preconizado na Estratégia Nacional de Defesa.

Já estamos muito atrasados e, se não começarmos a agir imediatamente, o atraso comprometerá todos os planos de defesa e aniquilará a engenharia nacional ou deixará a Esquadra em situação crítica, completamente imobilizada. Este estudo tem como propósito oferecer uma modestíssima contribuição para os nossos oficiais do setor operativo e engenheiros. Apenas uma tênue luz que ajude a achar o rumo certo ou os inspire para criar um

navio adequado.

O Brasil é um país de índole pacífica e não faz parte de sua doutrina a conquista de outras terras nem a invasão de algum

**Urge a demanda por um novo escolta principal, pois a operacionalidade das *Niterói* vem sendo mantida graças à competência do nosso pessoal de manutenção, mas, certamente, já a custos absurdos**

**Estamos muito atrasados e, se não começarmos a agir imediatamente, o atraso comprometerá todos os planos de defesa e aniquilará a engenharia nacional ou deixará a Esquadra em situação crítica**

país. Mas sendo muito rico, além da situação geográfica privilegiada, precisa dar mais atenção à sua defesa. O mar para o Brasil é vital, e há inúmeros trabalhos versando sobre o assunto. Precisamos acordar e nos precaver contra interesses alheios, que nunca respeitam os nossos. Com já dizia o chanceler da Prússia Otto von Bismarck, no século XIX, “não há amizade entre nações, apenas interesses”.

O Brasil precisa implantar com maior rapidez o seu tão necessário poder marítimo, cujos componentes são: portos, Marinha Mercante, estaleiros, base industrial fornecedora, bases navais e Esquadra, que precisam ser desenvolvidos no País com engenharia nacional, com ou sem ajuda estrangeira. Mas a nossa Esquadra precisa ter os meios minimamente necessários para exercer suas atribuições constitucionais. E os escoltas novos estão fazendo (ou farão em breve) muita falta. Muita mesmo.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:  
<APOIO>; Construção naval; Defesa; Marinha do Brasil;

#### ÍNDICE DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AAeW:	Anti-Air Warfare
AMRJ:	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
APAR:	Active Phased Array Radar
ASW:	Anti-Submarine Warfare
ASuW:	Anti-Surface Warfare
BAAINBw:	BundesAmt für Ausrüstung, Informationstechnik, Nutzung der Bundeswehr (antigo BWB)
CIWS:	Close-In Weapon System
CODAD:	Combination Diesel And Diesel
CODAG:	Combination Diesel And Gas
CODOG:	Combination Diesel Or Gas
CPN:	Centro de Projeto de Navios
DEN:	Diretoria de Engenharia Naval
ESSM:	Evolved Sea Sparrow Missile
EADS:	European Aeronautic Defence and Space Company
IMO:	International Maritime Organization
MNVDET:	Modern Naval Vessel Design and Evaluation Tool
NAVSEA:	Naval Sea Systems Command
OMPS:	Organização Militar Prestadora de Serviços
OPV:	Off-Shore Patrol Vessel
PAEMB:	Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil
RCS:	Radar Cross-Section
RN:	Royal Navy
SAR:	Salvage And Rescue
SLR:	Speed to Length Ratio
SWBS:	Ship Weight Break-down System
TKMS:	Thyssen Krupp Marine Systems
USN:	United States Navy

## DADOS DO NAVIO

LOA:	Length Over All, Comprimento Total
LWL:	Length Water Line, Comprimento Linha d'Água
BWL:	Breadth Water Line, Boca Linha d'Água
MNVDET:	Modern Naval Vessel Design and Evaluation Tool
T:	Draft, Calado
D:	Hull Depth, Pontal
SLR:	Speed to Length Ratio, Razão Velocidade/Comprimento Linha d'Água
Cb:	Coefficiente de Bloco
Cm:	Coefficiente Seção Mestra
Am:	Área Seção Mestra
Cwp:	Coefficiente Área de Flutuação
Awp:	Área de Flutuação
As:	Área Molhada
Cp:	Coefficiente Prismático
KB:	Altura do Centro de Carena acima da Quilha
KM:	Altura do Metacentro acima da Quilha
KG:	Altura do CG acima da Quilha
GM:	Altura Metacêntrica

## APÊNDICE: RISCOS E MARGENS DE PROJETO

Tipicamente em projeto de navios, um certo número de margens é incluído na estimativa do peso leve de um navio. Estas margens devem levar em conta as incertezas nos cálculos de estimativa do peso leve, potenciais mudanças do projeto ainda durante a construção, aumento de peso durante o detalhamento do projeto e construção, devido a informações mais precisas. Deve-se levar em conta, ainda, revisões do contrato durante as fases de projeto e construção e, finalmente, possíveis equipamentos adicionais que o governo pode querer adicionar ao navio durante sua vida útil.

No trabalho MNVDET, no capítulo “Margins & Allowances Estimation”, baseado no documento chamado NAVSEAINST 9096.6B – Policy for Weight and Vertical Center of Gravity Above Bottom of Keel (KG), Margin for Surface Ships, a USN classifica os projetos de navios em cinco categorias, em função do risco inerente do projeto:

1. Projetos inovadores com alto nível de incerteza.
2. Projetos com novos conceitos e um nível significativo de incerteza.
3. Projetos evoluídos de navios existentes, mas com grandes modificações associadas a algum nível de incerteza.
4. Projetos evoluídos de navios existentes com mínimas modificações associadas a um baixo nível de incerteza.

5. Projetos seriados com mínimas modificações e quase nenhuma incerteza.

No presente estudo da F-6000M2, consideramos ser razoável classificá-lo na “categoria 4”, ou seja, “projeto similar a projetos existentes com mínimas modificações e somente um pequeno nível de incerteza”, ou seja, estamos investigando um projeto com poucas modificações em relação a navios existentes, utilizando materiais tradicionais, armamentos, sensores e propulsão etc. existentes, um projeto que não é diretamente derivado de algum outro navio, mas, mesmo assim, inteiramente convencional.

Adotamos uma margem mínima de deslocamento leve de aproximadamente 7% para a fase de projeto e construção. A USN preconiza uma margem de crescimento durante a vida útil (SLA – Service Life Allowance) que propõe 0,5% por ano para um período previsto de 20 anos de serviço, ou seja, 10% de margem referida ao deslocamento leve projetado.

Durante as fases de projeto (estudo de exequibilidade, concepção, preliminar, contrato e construção), devemos ter em mente as imprecisões e incertezas que ocorrem em cada uma delas, considerando-as para que o peso e a posição do CG (centro de gravidade) do navio fiquem dentro dos limites desejados. No início do projeto, é indispensável incluir também a margem de crescimento durante a vida útil no navio, ou seja, as *service life allowances*. Para verificar as margens, adotaremos os seguintes cálculos para a F-6000M2:

$$\nabla = 144 \times 18,0 \times 6,0 \times 0,49 = 7.620m^3 \times 1,025t/m^3 = \Delta_{\max} \Rightarrow 7.810 \text{ tons}$$

Peso leve	5.270 tons
Peso leve com reservas	$5.270 \times 1,07 = 5.640$ tons
Carga Morta	1.655 tons
Deslocamento máximo sem SLA	7.295 tons
Deslocamento máx. <i>c/service life allowances</i>	$7.295 \times 1,0706 = 7.810$ tons (padrão alemão)
SLA (padrão USN)	$7.810 - 5.270 = 2.540$ tons (margem) / $5.270$ tons (peso leve) = 9,8% (preconizados 10%)

## REFERÊNCIAS

- 1) BROWN, Alan, Captain & BARENTINE, John, Commander. “The Impact of Producibility on Cost and Performance in Naval Combatant Design”, US Naval Construction and Engineering Program, Massachusetts Institute of Technology.
- 2) BROWN, A.J. Capt USN Ret. & DEYBACH, Frédéric Lt. DCN. “Towards a Rational Intact Stability Criteria for Naval Ships”.
- 3) COMSTOCK, John P. “Principles of Naval Architecture” The SNAME.
- 4) CONVÊNIO MB-USP. Livro Comemorativo do Evento do 50º Aniversário deste Convênio.
- 5) DEYBACH, Frédéric. “Intact Stability Criteria for Naval Ships”, FEV/1977, tese de mestrado do MIT.
- 6) FREITAS, Elcio de Sá, VA-EN RM-1. *A Busca de Grandeza: Marinha, Tecnologia, Desenvolvimento e Defesa*. Editora Serviço de Documentação da Marinha – Rio de Janeiro – 2014.
- 7) GRIGOROPOULOS, Gregory J., School of Naval Architecture and Marine Engineering, National Technical University of Athens. “On The Seakeeping Operability of Naval Ships”.
- 8) HLAVIN, Justin. “Hydrostatic and Hydrondynamic Analisis of a Modified DDG-51 Destroyer”, The Naval Postgraduate School, Monterey, California.
- 9) LAVERGHETTA, Thomas & BROWN, Alan. “Ship Dynamics of Naval Ship Design”, *Naval Engineers Journal*, Vol. 111 nº 2, pg. 307-324, Maio/1999.
- 10) LACKENBY, H. *On the systematic geometrical variation of ship forms*, R.I.N.A., British Shipbuilding Research Association, pages 289 to 316.
- 11) LOMBARDI, Ben & RUDD, David. “The Type 45 DARING-Class Destroyer”, DRDC (Defence Research and Development Canada) – CORA (Centre for Operational Research and Analysis), Ottawa, Canada.
- 12) MNVDET : [www.mnvdet.com](http://www.mnvdet.com). Coletânea de Manuais de Projeto de Meios Navais.
- 13) NAFO IV/2004 pg. 68 – Merck, Karl-Heinz. “Naval Marine Gear Systems”.
- 14) NAFO III/2005 pg. 51 – Bricknell, David J. “The Combining Force”.
- 15) NAFO V/2005 pg. 73 – Annati, Massimo, Adm Ret. “Medium and Large Caliber Guns Compared”.
- 16) NAFO VI/2006 pg. 66 – Annati, Massimo, Adm. Ret. “Air Defence Guns”.
- 17) NAFO V/2007 pg. 90 – Philips, Malcolm. “An Agony of Choice, Propulsion Systems for Modern Warships”.
- 18) NAFO II/2008 pg. 66 – Eule, Klaus. “Water Treatment and Waste Management for Enduring Operations”.
- 19) NAFO IV/2009 pg. 18 – Vego, Dr. Milan. “Defining Priorities at Sea : Mobility, Versatility, and Survivability”.
- 20) NAFO I/2012 pg. 8 – Friedman, Norman. “Running out of Ammunition?”.
- 21) NAFO iv/2014 pg. 36 . Maxeiner, Dr. Eric. “Advanced CO2 Exhaust Heat Recovery for Energy Efficient Ships”.
- 22) NAVSEA. “Manual for the Salvage Engineer”, U.S. Navy Ship Salvage Manual S0300-A8-HBK-010, Code 55W.
- 23) PAGE, Jonathan, Lt. Engineer USN. “Flexibility in Early Stage Design of UD Navy Ships: An Analysis of Options”, B.S. Systems Engineering, US Naval Academy 2002.

- 24) TERZIBASCHITSCH, Stefan. “Die AEGIS- Zerstörer Klassen DDG-51” (Os destróiers AEGIS classe DDG-51).
- 25) TUPPER, Eric. *Introduction to Naval Architecture*, Fourth Edition.
- 26) VOGT, René. “Estudo e Proposta de um Navio de Escolta para a Marinha do Brasil”, *RMB* 2ºT/2011 pag. 69.
- 27) VOGT, René. “Corvetas Sucessoras da Barroso”, *RMB* 2ºT/2013 pag. 108.
- 28) WATSON, D.G.M. “Practical Ship Design”.