

EFICIÊNCIA DE SUBMARINOS. PARÂMETRO PARA OBTENÇÃO

(Valte Capetti 2006)

A obtenção de submarinos, por **desenvolvimento**, ou seja, a partir do projeto conceptual, é uma tarefa das mais complicadas. Não menos complicada é a tarefa de obtê-los, partindo de tipos já existentes no mercado, pela simples compra de projetos prontos.

Qualquer que seja o caso, contudo, é mandatório desenvolver um processo de medição de seus parâmetros mais significativos, de modo a compará-los e determinar a eficiência da obtenção daquele melhor adequado as nossas necessidades

É certo que ainda não chegamos ao estágio de projetar submarinos, até porque este é um processo que requer anos de pesquisa e desenvolvimento, muito esforço de projeto na **fase conceptual**¹, muito estudo e trabalho de experimentados projetistas.

Porém, quando dispusermos de várias alternativas, seja por esforço próprio de projeto, seja por consulta ao mercado, estaremos aptos a decidir a construção (uma vez fixada uma configuração), pela síntese de uma das alternativas acima, que passará, então, a integrar o Programa de Construção. O momento da transição dessas fases se dá quando são estabelecidas as **Especificações de Projeto do Submarino (EPS)** que desejamos obter. E que pode ser um submarino, ou uma série deles.

A partir desse momento o submarino escolhido passa da sua fase conceptual para a realidade, por meio do processo de construção, e já começa a contar tempo para a depreciação de sua capacidade tática.

A fase do processo de obtenção que se segue, a de construção (pelo menos com referência à construção dos IKLs no AMRJ) já tem suas atividades dominadas pelos técnicos da MB. Contudo, se as EPS tiverem origem em projeto estrangeiro, o submarino delas obtido não pôde atender plenamente a todas as nossas necessidades operacionais. No caso do submarino Tikuna, ainda em construção, tornou-se necessária a realização de algum esforço de projeto sobre o projeto inicial, a fim de melhor adequá-lo as nossas necessidades. Esses poderão ser os primeiros passos em direção da aquisição de plena capacitação para projetar submarinos.

Quando se projeta submarinos, deve-se considerar a escolha do tipo mais apropriado, tanto técnico e taticamente, quanto à otimização do custo. Para determinar a equação desse relacionamento, lança-se mão de um modelo dito militar-econômico, uma vez que temos que pensar em conseguir o máximo do sistema de armas (o conjunto plataforma mais armamento) com o mínimo de custos. A descrição que se segue toma, como referência, o modelo adotado na Rússia, para obtenção de submarinos.²

No modelo militar-econômico adotado (referido por alguns países como modelo de custo-benefício), no qual é permitido o levantamento dos mais variados **índices**, serão resultados (saídas) fundamentais o **nível funcional de eficiência** e os **índices técnico-econômicos**, que, devidamente relacionados, nos proporcionarão o **índice de eficiência econômica**. Este valor representará a medida da eficiência que buscamos.

No modelo considerado (Figura 1), podemos constatar a presença de blocos que são denominados:

1. bloco tático . *O bloco tático (em azul) é determinante do índice do nível de eficiência em combate baseado no conjunto completo de Elementos Táticos e Técnicos (TTE) especificados e características de condições externas.* Neste bloco é

¹ São fases do desenvolvimento do ciclo de vida: conceptual; preliminar, preliminar avançada (que compõem o *design*), construção; uso em serviço e eliminação.

² Kormilitsin, Yury e Khalizev, Oleg Anatoliev. **Submarine Design**. Russia. 2006

estabelecida a correlação entre os TTE do submarino e o nível de eficiência alcançado, e sua descrição inclui os ambientes operacional e tático nos quais os submarinos terão que atuar, abrangendo:

- descrição da área potencial de ações de combate;

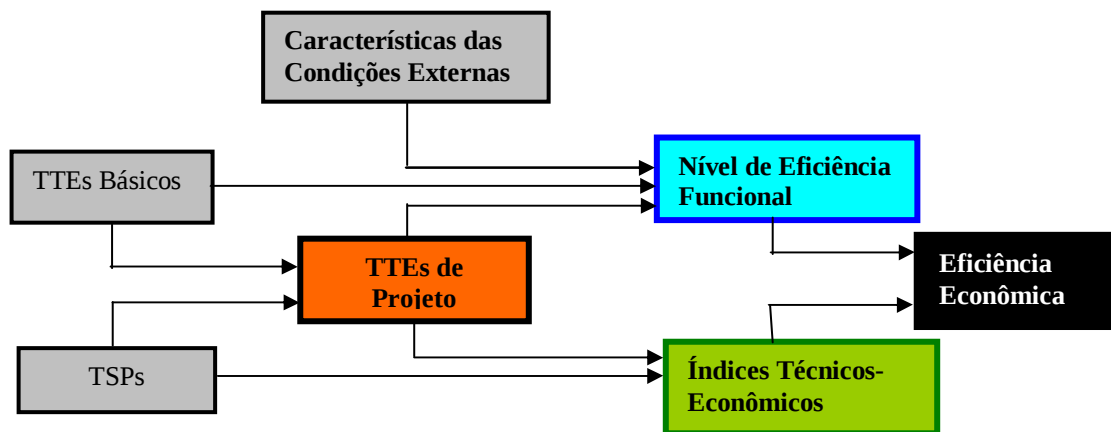


Figura 1

- características das forças hostis, suas composições, objetivos a serem perseguidos, modos prováveis de emprego, TTE dos submarinos inimigos, dados principais sobre armamentos;

- modos pretendidos de emprego das forças amigas;

2. bloco técnico. O *bloco técnico* (em vermelho) é determinante dos **elementos táticos e técnicos (TTE de Projeto)** baseados em TTE básicos especificados e nos **Parâmetros de Solução Técnica (TSP)**. As soluções deste bloco decorrem da execução das tarefas tradicionais de projeto.

3. bloco técnico-econômico. O *bloco técnico-econômico* (em verde) é responsável pela determinação dos **índices técnicos-econômicos do submarino** (custos de desenvolvimento, de construção e anuais de operação) baseados nos TTE e TSP conhecidos. A descrição do bloco técnico-econômico deve conter dados necessários para levantar tais custos.

4. bloco militar-econômico. O *bloco militar-econômico* (em preto) é o responsável pela determinação do **índice de eficiência de custos** [gastos de recursos] ou gastos totais para o cumprimento de uma determinada missão, baseado em **índices técnico-econômicos** conhecidos e o **nível de eficiência em combate**. Este índice é usualmente empregado como critério da **Eficiência Militar-Econômica**, no nível especificado de **eficácia em combate**. A descrição do bloco militar-econômico deve conter dados necessários para o estabelecimento desse critério, quais sejam:

- duração esperada do tempo de paz;
- número de submarinos a serem construídos segundo o projeto em pauta;
- vida em serviço esperada do submarino, bem como outros dados caracterizando operações de paz e de guerra dos submarinos sendo analisados.

Os elementos de cada um desses blocos interagem de modo próprio, proporcionando a possibilidade da determinação da **eficácia em combate** do submarino, para, finalmente, podermos computar a eficiência em termos dos gastos realizados.

Isto se consegue por meio da **análise custo-eficácia** (nos EUA) ou, como

denominada na Rússia, **análise militar-econômica**, ou que outro nome tiver, desde que tenha a mesma finalidade.

Os modernos submarinos são navios de guerra especiais, produtos muito sofisticados e caros, com períodos de serviço razoavelmente longos. [75], [93].(Essas referências e a numeração das fórmulas são da obra de referência citada na nota 2) Como quaisquer navios, sua **eficiência em combate** não permanece constante durante todo o seu período em serviço. Esta eficiência muda devido à desgastes físicos e um tipo específico de desgaste moral: a **degradação tática**. Levando em consideração os constantes efeitos sobre a **eficiência em combate** ($\Delta E(t)$), pelo decorrer do tempo, caracterizando um processo contínuo, é possível escrever as seguintes equações:

$$\Delta E(t) = \int_0^t \left\{ \frac{\partial E}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{dt} + \frac{\partial E}{\partial x_2} \cdot \frac{dx_2}{dt} + \dots \frac{\partial E}{\partial x_n} \cdot \frac{dx_n}{dt} + \frac{\partial E}{\partial z_1} \cdot \frac{dz_1}{dt} + \frac{\partial E}{\partial z_2} \cdot \frac{dz_2}{dt} + \dots \frac{\partial E}{\partial z_n} \cdot \frac{dz_n}{dt} \right\} =$$

$$= \int_0^t \text{grad}_x E \cdot \frac{d\vec{x}}{dt} dt + \int_0^t \text{grad}_z E \cdot \frac{d\vec{z}}{dt} dt \quad (12.27)$$

onde $\frac{\partial E}{\partial x_1}$ é a derivada parcial da eficiência com relação aos elementos táticos e técnicos (TTE) do submarino (velocidade, profundidade de imersão, etc.) que descrevem suas alterações devido à mudanças nesses elementos..

$\frac{dx_1}{dt}$ variação em relação ao tempo do i-ésimo TTE devido ao desgaste;

$\frac{\partial E}{\partial z_1}$ é a derivada parcial da eficiência em combate com relação ao j-ésimo TTE da força naval inimiga e outras forças.

O significado da primeira integral na expressão (12.27) é razoavelmente simples, pois representa exatamente o desgaste físico. Realmente, os elementos táticos e técnicos do submarino deterioram com o tempo, embora não muito acentuadamente e, devido a esse processo, a eficiência em combate também deteriora. O primeiro multiplicador no integrando é o gradiente do vetor TTE e o segundo é sua derivada em relação ao tempo, a qual descreve a taxa de deterioração dos elementos táticos e técnicos para o submarino em questão.

O significado físico da segunda integral é mais complicado. As forças inimigas não permanecem imutáveis durante toda a vida em serviço do nosso submarino. Componentes dos elementos anti-submarinos (ASW) inimigos (navios, aeronaves, por exemplo) serão substituídos por novos ou serão modernizados. Deste modo, para o submarino em análise, que não sofre alterações em termos técnicos (atualização é um tópico aparte) torna-se cada vez mais difícil opor-se às forças hostis modernizadas. Em outras palavras, mantendo-se inalterados os TTE do nosso submarino, sua capacidade

de combate decresce relativamente devido ao progresso técnico do lado adversário. Este processo, que é um tipo específico de desgaste moral, característica somente de equipamentos militares, determina o que é denominado de **degradação tática**. O primeiro multiplicador no integrando é o gradiente da eficiência em combate do submarino em análise devido à melhorias de seus TTE (ou degradação dos TTE das forças inimigas) enquanto que o segundo é a taxa de progresso científico e tecnológico do lado inimigo.

A eficiência em combate do submarino em questão, isto é, seu valor no i-ésimo ano de serviço, pode ser escrita, então, como:

$$E(t) = E_0 - \Delta E(t) = E_0 \left[1 - \frac{\Delta E(t)}{E_0} \right] = E_0 J(t) \quad (12.28)$$

onde E_0 é a eficiência em combate no instante do projeto do nosso submarino;

$J(t)$ é a função de degradação tática (12.6)

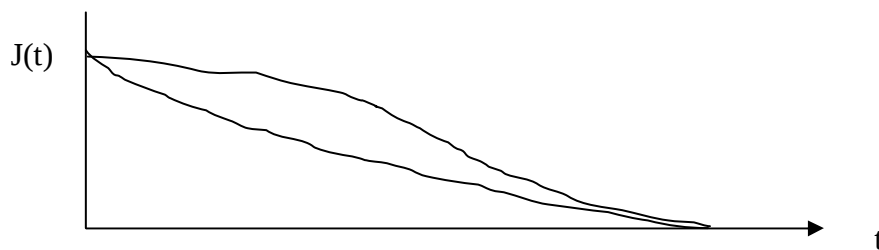


Figura 2 Gráfico da função de degradação tática.

Funções de **degradação tática** são usualmente descritas por uma fórmula que satisfaça as seguintes condições:

$$J(t) = 1 \text{ para } t=0;$$

$$J(t) = 0 \text{ para } t = \infty$$

$$\left. \frac{\partial J}{\partial t} \right| \rightarrow 0 \text{ quando } t \rightarrow \infty$$

$$\int_0^{\infty} J(t) dt < M \quad (12.29)$$

onde M é um certo número positivo limitado.

A integral $\int_0^{\infty} J(t) dt$ tem um significado especial. As Forças Armadas (FFAA)

são criadas com vistas à garantia da defesa nacional, importante parcela da segurança nacional, para deter agressores potenciais, ou outras missões mais. Em outras palavras – evitar a guerra.

Neste sentido, quanto maior a **eficácia em combate** dos elementos que constituem as FFAA, melhor será sua eficiência total. Desse modo, a contribuição de cada elemento de combate, aí considerado cada submarino, para a consecução dessa missão é definida não somente por sua **eficácia em combate** no dia em for

comissionado. Ela depende, também, de quantos anos um submarino permanecerá em serviço e que nível de **eficácia em combate** ele terá em cada ano de seu tempo de serviço em operação. Isto nada mais é que do que a medida da contribuição do submarino, ao longo de sua vida, para a defesa nacional, a qual é descrita pela integral da fórmula (12.29). Tendo em vista esse entendimento, chegamos facilmente à compreensão do que seja o **potencial de combate L**: que nada mais é que essa integral multiplicada pela **eficácia inicial em combate**.

$$L = E_0 \int_0^{\infty} J(t) dt \quad (12.30)$$

Vejamos um problema simples envolvendo o conceito de **potencial de combate**: de que modo o tempo de projeto afeta o índice da eficiência militar-econômica do submarino?

Vamos assumir que a **função de degradação tática** é da forma exponencial

$$J(t) = e^{-vt} \quad (12.31)$$

Vamos determinar o parâmetro **v** da **função de degradação tática** assumindo que em 10 anos a **eficácia em combate** do submarino em questão se reduza de 25%. Então:

$$e^{-vt} = 0,75 \text{ e } v = 0,029.$$

Como na vida real, vamos assumir que a degradação tática começa no dia em que foram aprovadas as **Especificações de Projeto do Submarino**, isto é, a partir do momento em que foram fixados seus TTE. Mais tarde, durante o processo de projeto, esses elementos particulares permanecem sem mudanças, e não vão ser melhorados durante todo o tempo de serviço na Marinha. Vamos assumir que o período programado de 4 anos de projeto seja reduzido para 2 (Fig 12.7).

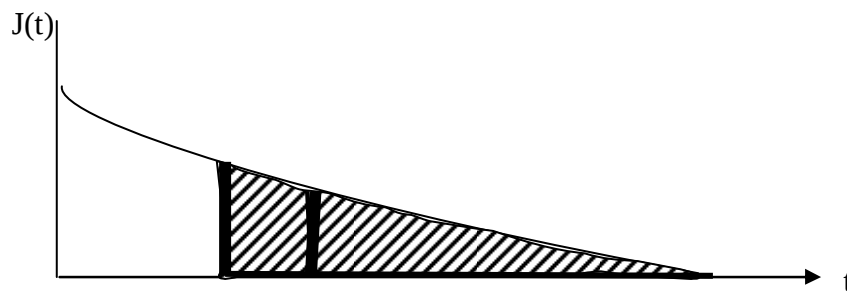


Figura 12.7 Para o cálculo do efeito de redução do tempo de projeto

O aumento relativo do potencial de combate é encontrado a partir de:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_0 \int_2^{\infty} e^{-0,029t} dt}{E_0 \int_4^{\infty} e^{-0,029t} dt} = 1,36 \quad (12.32)$$

Assumindo que os custos de projeto e que outros índices técnico-econômicos permaneçam os mesmos, podemos verificar que, segundo tais condições teóricas a redução do tempo de projeto de 4 para 2 anos acarretou uma redução no custo de serviço de igual eficiência do submarino de 36%.

Baseado em considerações similares, é possível imaginar problemas mais complexos a partir da análise militar-econômica, tais como:

- a determinação da vida útil do submarino;
- a determinação do esquema ótimo para modernização e outros trabalhos.

Tais considerações podem ser melhor desenvolvidas pelo nosso Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV) e sua apresentação, aqui, tem por finalidade mostrar que posse de submarinos (como de qualquer outro sistema de defesa) não é só questão de operadores (submarinistas), mas envolve muito profissionalismo dos que decidirem por tal solução dos problemas militares.

Em outras palavras, não se muda esquema de manutenção, ou ciclo de atividades de meios navais, impunemente.
