

O MEIO NAVAL “DESEJÁVEL” E O “OBTENÍVEL” NA ESPIRAL DE COMPLEXIDADE*

BERND ARJES**
Capitão de Fragata (Alemanha)

RENÉ VOGT***
Engenheiro
(Tradução e adaptação)

INTRODUÇÃO

O fato que nos motivou a empreender a tarefa de traduzir este artigo foi a publicação dos pontos de vista e das impressões sobre programas de obtenção de meios navais em outros países, na visão de seus oficiais, particularmente na Alemanha.

A tradução procurou preservar ao máximo a fidelidade e o conteúdo do artigo, com pequenas alterações ou comentários

do tradutor, visando a fluência, esclarecimentos e compreensão do texto em português pelos leitores.

O ARTIGO

Quando uma turma de amigos se reúne rotineiramente em torno de uma mesa com boa cerveja (*stammtisch*)¹, surgem frequentemente sugestões e opiniões de como devem ser especificados ou constru-

*Artigo publicado na revista *Auftauchen* (Emergir), nº 291, da Verein Deutscher U-Bootfahrer (VDU – Sociedade dos Submarinistas Alemães).

** Engenheiro. Trabalhou como professor e treinador no Centro de Treinamento Submarino e também como oficial de guerra submarina da Flotilha Alemã 1. Por duas vezes foi chefe do Estado-Maior do contingente alemão dentro da Força Interina das Nações Unidas no Líbano. Submarinista, lotado no Marinearsenal (Arsenal de Marinha) em Kiel, sendo representante do inspetor da Marinha (comandante da Marinha) na equipe integrada de projeto do novo submarino *U-212CD* no Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik, Nutzung und Beschaffung der Bundeswehr (BAAINBw), órgão federal de obtenção de material de Defesa no Ministério da Defesa da Alemanha.

*** Empresário e membro da Sociedade de Amigos da Marinha de São Paulo (Soamar-SP). Agraciado com a Medalha Revista Marítima Brasileira em 2017.

1 *Stammtisch*: mesa-tronco (tradução literal). São grupos de amigos que formam o núcleo de rodas sociais, que se reúnem, por exemplo, semanal, quinzenal ou mensalmente, em bares ou restaurantes, para conversar, discutir e beber.

idos os próximos submarinos ou fragatas. Mas, na maioria dos casos, as opiniões sobre novos meios navais divergem amplamente. Trata-se de um tema que desperta intensas discussões.

Os Estados nacionais gastam somas bilionárias com seus respectivos projetos de defesa, e, portanto, os requisitos precisam ser criteriosamente analisados para que se saiba se estes fazem sentido ou não, e se o projeto é tecnicamente viável ou financeiramente realizável. Promulgados os novos requisitos pelo *bundeskanzler* (chanceler federal, chefe de governo) e pelo Ministério da Defesa, é o momento em que na Alemanha se iniciam a burocracia e a papelada relativas ao tema.

Esses documentos são gerados pelo Ministério da Defesa por razões diversas: por exemplo, um sistema de armas está no limite de sua vida útil e precisa ser substituído; ou novas tecnologias estão disponíveis ou ameaças externas mudaram de perfil (guerra cibernética).

A lacuna criada pela perda de uma capacidade militar específica é analisada, e o problema é avaliado e descrito. As análises preliminares devem avaliar quanto o novo projeto poderia custar e quanto tempo seria necessário para a sua realização. Essa fase tem o suporte de análises científicas e arquivos da Bundeswehr². O resultado dessa chamada “fase de análise – 1ª parte” é denominado de Triple-F³. Quase todas as nações se valem de processos similares, normalmente conhecidos como Customer Product Management (CPM).

Nessa primeira fase, são promulgados os requisitos para o novo meio naval pelo inspetor-geral da Bundeswehr – topo da hierarquia – ou pelo chefe do Departamento de Planejamento da Bundeswehr (Planungsamt). Então, são definidas as condições de contorno para o novo projeto. Este artigo se refere a “projeto” como todo e qualquer novo sistema de armas. Mas, por razões óbvias, doravante passaremos a nos referir somente a submarinos ou navios de superfície (nota do tradutor).

Se, por exemplo, houver uma demanda por “operações furtivas” ou para “combater alvos navais”, a gama de decisões se estreita, e a solução natural será o submarino, que, por sua vez, sofre cada vez mais a concorrência de drones submarinos – os UUV⁴. No futuro poderá acontecer o emprego de UUVs para alguns tipos de missões, que atualmente ainda são típicas de submarinos.

Na “fase de análise – 2ª parte”, são estudadas e preparadas diversas soluções para que o problema da lacuna surgida pelas perdas de eficiência e capacidade militar seja resolvido. Na maioria dos casos são elaboradas, no mínimo, duas soluções: uma versão que atenda plenamente aos requisitos operacionais e outra mais realizável dentro das limitações orçamentárias⁵. Estas versões menos custosas são chamadas de “soluções 80%”, muitas vezes com itens disponíveis no mercado de defesa como “soluções prontas” – em inglês, Cots⁶.

As soluções “econômicas” podem, além disso, representar alternativas que são obtidas com menos recursos finan-

2 *Bundeswehr*: Forças Armadas Federais da República Federal da Alemanha.

3 Triple-F (Tripla F): Fähigkeitslücke und Funktionale Fähigkeitsforderung. Traduzindo: Lacuna de capacidade militar e demanda de nova capacidade militar e funcional.

4 UUV: Unmanned Underwater Vehicle – drone submarino.

5 Normalmente esta opção – “solução 80%” – nunca consegue satisfazer a todos os requisitos operacionais simultaneamente, e, então, começam as discussões dos *trade-off* ou concessões.

6 Cots: Commercial Off the Shelf (produto de prateleira).

ceiros, mas com “somente” 80% da capacidade militar de uma solução *high-end* ou de alta sofisticação. Esta “alternativa 80%” ainda traz em seu bojo a vantagem de potencialmente reduzir riscos técnicos, financeiros e tempo de projeto e construção ou o chamado “tempo de realização”.

As soluções de mercado disponíveis para compra de meios navais e outros sistemas ou armas são aquelas que já foram construídas e podem ser reproduzidas facilmente. Um exemplo clássico são os submarinos para exportação das classes *U-209*, *U-214* e *U-218*.

Estes podem ser obtidos como produtos maduros e testados, apesar do fato de que cada novo cliente apresenta uma demanda nova ou adicional com requisitos específicos.

No final da “fase de análise – 2ª parte”, o inspetor-geral da Bundeswehr escolhe uma das soluções elaboradas. Na sequência, entra-se na fase de realização, quando o BAANBw, continuando os trabalhos sob sua responsabilidade, solicita ofertas ao mercado, no nosso caso os estaleiros e a indústria fornecedora, e engendra os processos licitatórios, sendo o processo de licitação culminado com a assinatura dos contratos, após a aprovação final pelo Bundestag⁷ dos fundos financeiros para a obtenção dos novos meios navais em questão.

Na sequência, iniciam-se o desenvolvimento detalhado do projeto escolhido, a construção dos novos submarinos e, finalmente, a entrega dos novos produtos à Marinha. Paralelamente, serão necessárias as realizações em infraestrutura dedicada (edificações e instalações) e a preparação dos planos de treinamento dos tripulantes e dos técnicos de manutenção.

Cada novo sistema de armas deve ser encomendado e obtido de maneira que possa ser administrado e gerenciado dentro do sistema Bundeswehr. Isto significa, por exemplo, que peças de reposição e sistemas sobressalentes possam ser administrados pelo sistema logístico da Bundeswehr. Os novos sistemas de armas devem ser compatíveis com outros existentes, redes e conexões elétricas e eletrônicas devem ter similaridades com as mais antigas, e muitos componentes novos devem ser intercambiáveis com aqueles de outros sistemas já existentes.

Esse processo pode durar anos ou mesmo décadas e custar muitos bilhões de euros. O processo se complica ainda mais quando várias nações pretendem compartilhar novos sistemas ou equipamentos militares e, concomitantemente, sintonizar e afinar em conjunto, respectivamente, tecnologias e requisitos.

Um exemplo atual é seguramente o projeto teuto-franco-espanhol chamado Future Combat Air System (FCAS), estimado, grosso modo, em €100 bilhões, assim como um prazo de desenvolvimento e realização de 20 anos. Também ninguém pode ainda prever se será um avião de combate ou um sistema de drones (provavelmente ambos), como será exatamente a estrutura do sistema ou qual será sua real capacidade militar. Este deverá ter uma comunicação integrada com satélites ou mesmo ter satélites dedicados.

Mas voltemos ao início. Primeiramente, devem-se promulgar os requisitos operacionais do novo submarino. Esse primeiro passo já é importante, pois é a porta de entrada da Espiral de Complexidade: analisam-se os requisitos que aparentam

⁷ Bundestag: Parlamento Federal da Alemanha. Mesmo antes da aprovação final, os parlamentares já conhecem o projeto em estudo e já discutem os recursos necessários, ou seja, não é uma decisão tomada de última hora.

ser necessários e que dão sentido ao novo projeto, indo além desses requisitos principais.

Por exemplo, um submarino deve poder submergir o mais fundo possível e em qualquer condição geográfica de mares e oceanos. Também deve ter boa velocidade para poder escapar se localizado. As assinaturas devem ser tais que sua detecção seja dificultada. Naturalmente, no século XXI, o submarino deve ser capaz de se defender contra alvos aéreos (helicópteros ASW) e carregar um bom número de torpedos e minas para ações furtivas em áreas marítimas de interesse.

É cada vez mais relevante dispor de confiáveis informações de inteligência sobre a situação das forças oponentes ou poder obtê-las com meios próprios, com capacidade para transportar e infiltrar forças especiais próximas a uma costa em águas rasas. O submarino deve ser previsto para operar em quaisquer oceanos ou mares e latitudes, portanto, ser adequado para operar em águas mais quentes ou geladas. Tal meio deve carregar o máximo de combustível possível para aumentar seu raio de ação. A bordo, deverá dispor de aparelhos para *fitness*, duas duchas obrigatórias e um beliche para cada tripulante, ou seja, o máximo de

conforto possível, fator crítico em missões de longa duração num ambiente confinado e sem adequada privacidade.

Todos os participantes do novo processo de obtenção sabem que um projeto de grande envergadura não ocorre ou é realizado com frequência. Então, a regra é: “socar” tudo que é possível dentro do casco. Quem sabe quando haverá outra chance?

Particularmente, navios e submarinos padecem muito pelo fato de ficarem expostos aos requisitos do conjunto de missões estratégicas da Bundeswehr. Muitos requisitos são frequentemente contraditório:

a assinatura do submarino só é boa (ou baixa) quando ele tem tamanho reduzido⁸, mas, neste caso, sobra pouco espaço interno, fato que os antigos submarinistas das classes *U201*, *U205* e *U206* se lembram muito bem.

Aos requisitos devem ser somados os regulamentos legais, que também precisam ser satisfeitos. Pelo menos acreditamos nisso, pois, para navios militares, pode-se fazer valer exceções. Por exemplo, navios de superfície devem filtrar os gases de exaustão⁹, deve-se estocar ureia¹⁰. Apesar da tolerância ainda vigente, navios de guerra modernos de países avançados tendem a aderir aos regulamentos IMO-Marpol¹¹.

É cada vez mais relevante dispor de inteligência confiável sobre a situação das forças oponentes ou poder obtê-la com meios próprios

8 Nota do tradutor: Lembremos o que dizia o professor Ulrich Gabler, considerado o pai dos submarinos alemães modernos e fundador do escritório IKL: “O submarino deve ser tão pequeno quanto possível e tão grande quanto necessário”.

9 Requisitos ditados pela International Maritime Organization (IMO).

10 Para atender às normas da certificação IMO III, utiliza-se ureia para a reação química da amônia com os nitratos contidos nos gases de exaustão de motores diesel, resultando em água e nitrogênio. A reação é processada com catalisadores SCR.

11 IMO-Marpol: International Maritime Organization – Maritime Pollution.

No que concerne às instalações das tripulações, atualmente valem regras bem diferentes daquelas de 30 anos atrás. Isto implica que navios não podem mais simplesmente ser construídos como sucessores de tamanho similar. Um novo veleiro *Gorch Fock*¹² seria maior do que o atual. As fragatas também experimentaram um impressionante aumento no deslocamento: classe F-122 (1987/1990): 3.800 ton; classe F-123 (1993/1996): 4.900 ton; classe F-124 (2002/2006): 5.800 ton; classe F-125 (2014/2018): 7.200 ton e classe F-126 (2021, em fase inicial de construção): 10.000 ton.

Os leigos se espantam, e os especialistas se admiram: os submarinos também vão ficando cada vez mais “gordos”. Quando o autor ainda iniciava sua carreira num submarino classe *U-206* que deslocava 450 /500 ton¹³, seus sucessores da classe *U-212A* (1998/2007) aumentaram para 1.500/1.800 ton. A geração seguinte, os *U-212CD*¹⁴, que serão incorporados em 2028 em diante, terão um deslocamento cinco a seis vezes maior do que a antiga classe *U-206*¹⁵.

Mas por que há esse notável aumento de deslocamento dos submarinos? Primeiro, os submarinos alemães com AIP¹⁶ dispõem de dois sistemas de energia quase independentes, os diesel-geradores/bateria e as células combustíveis. Todos os equipamentos que geram ruído são encapsulados num compartimento especial dentro do casco de pressão.

Existem ainda os indispensáveis apoios, como elásticos à prova de choque para os equipamentos relevantes, o sistema de manuseio de armas totalmente automático, a forma externa do casco que reduz a assinatura acústica e a gama de sensores e medidas para garantia da segurança TI¹⁷. Para embarcar a tripulação, deve-se computar espaço, ar (atmosfera interna), água e mantimentos. Tudo isto vem às custas do aumento de peso, deslocamento, espaço interno e potência de propulsão.

Cada vez mais equipamentos e aparelhos aumentam a demanda por energia elétrica a bordo. Ao mesmo tempo, a taxa de indiscrição e o raio de ação não podem piorar. Um tamanho maior implica maior deslocamento, mais potência de propulsão, mais estoque de combustíveis e maior capacidade de bateria. Na evolução dos requisitos iniciais durante a fase de projeto, o tamanho do submarino parece não parar de crescer. Detalhe: os submarinos construídos com aço não magnético são sempre maiores do que os outros submarinos comparáveis construídos com aço-carbono.

Podemos evitar o aumento de tamanho do submarino? Dificilmente! Isto implicaria o corte de alguns sistemas que trariam subtração de algumas capacidades específicas. Mas quem gostaria de abrir mão de células combustíveis (AIP), de boas assinaturas acústicas ou da elevada segurança e da resistência a choques?

12 *Gorch Fock*: veleiro-escola da Marinha da Alemanha.

13 Submarinos da classe *U-206*. No total foram construídos 18 submarinos entre 1968 e 1975. Em 1990, 12 unidades foram convertidas na classe *U-206A*, e os demais descomissionados.

14 *U-212CD*: novos submarinos de projeto comum (*common design*) para as Marinhas da Noruega (4) e Alemanha (2). Todos serão construídos em Kiel pela TKMS.

15 À guisa de informação, o autor já encerrou sua carreira no mar e atualmente ocupa um cargo no *Marinekommando*, em Rostock.

16 AIP: Air Independent Propulsion.

17 TI: Tecnologia da Informação.

No passado, os submarinos eram construídos com maior nível de especialização. Na Bundeswehr, chegou-se a cogitar submarinos distintos e especializados para os mares Báltico e Atlântico Norte. A ideia era evitar a cara e difícil harmonização de requisitos conflitantes. Entretanto, como somente poucos projetos são efetivamente realizados e, ainda por cima, em pequenos números (por exemplo, *U-212CD* – duas unidades para a Alemanha), o projeto em pauta precisa satisfazer a todas as demandas: bem-vindos à Espiral de Complexidade!

A consequência é a necessidade de desenvolver novas soluções tecnológicas com riscos elevados e não previsíveis, associada à elevação de custos que, durante a fase de realização, tendem a se elevar ainda mais. Portanto, aumentos de custos reduzem a margem financeira dos novos projetos, estes desde o início sobrecarregados com requisitos que surgem de todos os lados envolvidos. Inicia-se um círculo vicioso dos *trade-off*¹⁸!

Naturalmente, os vultosos e elevados custos de obtenção de novos programas militares despertam a cobiça das indústrias de Defesa, na esperança de fornecer preferencialmente seus produtos mais recentes e caros (e não testados). Sempre é bom quando a Marinha da Alemanha, como *parent-navy*, possui o material mais moderno disponível. Mas como uma moeda, tudo tem dois lados.

Por razões compreensíveis, os políticos sempre procuram apoiar e privilegiar as

indústrias fornecedoras de material de defesa de seus redutos eleitorais. Dessa forma, grandes projetos nacionais ou multinacionais transformam-se rapidamente em catapultas de tecnologia, o que é perfeitamente compreensível do ponto de vista da economia do País.

A Marinha se depara frequentemente com situações em que ela recebe uma tecnologia nova e que ainda não funciona muito bem. Isto acontece porque, na realidade, a nova tecnologia ainda é de fato um semiprotótipo. Os tripulantes dos navios e submarinos costumam ironizar dizendo que os novos produtos sempre amadurecem nas mãos da Marinha.

Riscos técnicos podem ser reduzidos mediante testes intensivos de máquinas, equipamentos e sistemas, antes de novos produtos e sistemas serem instalados em navios ou submarinos.

Contudo tal medida prolongaria ainda mais o tempo de realização de um projeto, pois os testes *per se* já podem levar anos. Adicionem-se o tempo de avaliação dos resultados e eventuais modificações.

Esses prazos simplesmente não estão mais disponíveis quando os meios a serem substituídos já se tornaram peças de museu. E, ainda, os meios financeiros para testes e modificações não são mais previstos. Antigamente, ainda se modificavam submarinos operacionais para testes, como, por exemplo, o *U-1*, modificado para testar as células combustíveis, e o *U-12*, para testar novos sonares. Mas esses tempos pertencem ao passado.

Os vultosos e elevados custos de obtenção de novos programas militares despertam a cobiça das indústrias de Defesa

18 *Trade-off*: São as compensações ou balanceamentos entre requisitos, quando se privilegiam uns em detrimento de outros.

Então, seria uma boa alternativa comprar produtos prontos disponíveis no mercado (Cots)? Porém isso não é tão simples assim, porque mesmo os produtos prontos, ou de exportação, não caíram do céu. Eles também foram indiretamente desenvolvidos, nesse caso derivados de outras soluções anteriores realmente inovadoras, como, por exemplo, a classe pioneira *U-212*, que anos mais tarde deu origem às classes *U-214 (U-209 + U-212A)/ U-218* (Singapura)¹⁹ como derivados.

Se as Forças Armadas de um determinado país não desejarem mais soluções inovadoras oriundas de desenvolvimento e pesquisa doméstica, não haverá mais novos produtos genuinamente nacionais, extinguindo pesquisa e desenvolvimento junto a sua própria indústria. Mas os produtos comerciais disponíveis para o mercado de defesa também ficarão obsoletos no mercado internacional, tornando-se pouco competitivos e futuramente não mais comercializados, com muitos equipamentos de uso indisponíveis por falta de reposição.

Nenhum cliente costuma assumir altos riscos de desenvolvimento tecnológico em países estrangeiros. Na situação em que a *parent-navy* de um provável país fornecedor decide lançar mão de soluções Cots, o eventual futuro cliente poderá ficar desconfiado, e, assim, poderá ser selado o destino

da indústria nacional do fornecedor. Isto significaria que numa próxima geração de submarinos, tanto para a *parent-navy* como para os clientes, só se poderá lançar mão de produtos importados de terceiros, geralmente caros e sem sucesso garantido.

E agora? Como escapar da Espiral de Complexidade e de custos exagerados? Muitos veem uma saída nos sistemas autônomos como UUV e AUV²⁰. Estes são menores, e, pelo fato de não serem tripulados, as questões de segurança podem ter outro enfoque, e todo o serviço de “hotelaria” a bordo de um meio tripulado não ser mais necessário.

Sistemas com respeitáveis parâmetros de desempenho já existem no mercado. Um exemplo impressionante é o Echo Voyager da firma Boeing. Este XL-UUV,

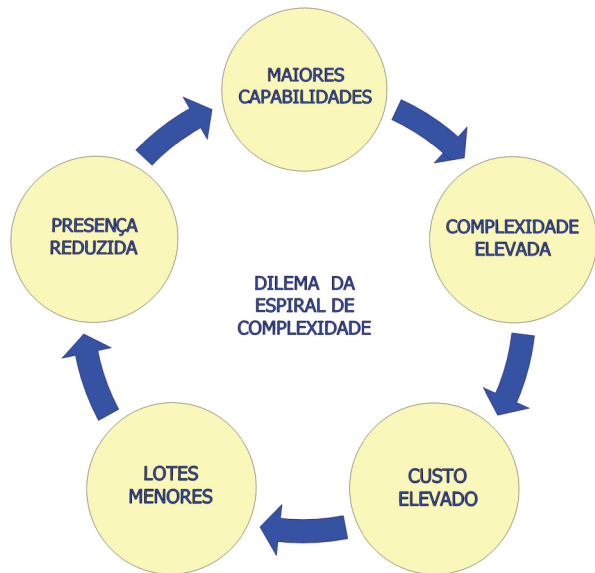


Figura 1 – Espiral de Complexidade (elaborada pelo autor)

19 Este é um exemplo de como um submarino de projeto disponível e testado vem a ser modificado para atender aos requisitos do cliente. De fato, é um submarino novo e diferente dos demais construídos pela TKMS. Mesmo na Alemanha, com projeto da TKMS, o *U-212A* (2º lote), sucessor do *U-212A* (1º lote), é na realidade bem diferente em vários aspectos, embora a aparência externa seja igual.

20 AUV: Aerial Unmanned Vehicle.

de comprimento = 11,5 m, diâmetro = 2,6 m e deslocamento submerso de 50 tons, é acionado por um módulo de células combustíveis com autonomia de aproximadamente 6.500 n.m. Diversos sensores e sistemas permitem navegação autônoma. A carga útil é de cerca de 8 tons.

Já hoje um veículo desse porte é capaz de render submarinos tripulados em alguns tipos de missões. Mas ainda existem muitas questões não esclarecidas. A total substituição de navios ou submarinos por drones ainda é um assunto ou realidade de um futuro distante.

NOTAS DO TRADUTOR

Comentários sobre a Espiral de Complexidade:

a) Um exemplo típico recente para entender a Espiral de Complexidade é a construção do conjunto de navios da classe T45 *Daring* da Royal Navy, cujos requisitos demandavam 12 navios, sendo que apenas seis foram construídos. Mesmo assim, foi uma realização com grande atraso, problemas técnicos imprevistos e estouros de orçamento. Em tempos recentes, houve grande indisponibilidade desses meios devido a problemas decorrentes das novas tecnologias empregadas e não maduras quando obtidas.

b) Outro exemplo de atrasos e aumento de custos é o programa dos submarinos classe *Astute* da Royal Navy, embora o número de submarinos a serem obtidos tenha sido mantido.

c) O programa da nova classe F-125 *Baden-Württemberg* da Deutsche Marine teve grandes problemas e atrasos, outra dor de cabeça. O primeiro da classe teve mais de dois anos de atraso antes da incorporação, e as outras três fragatas da classe também tiveram que voltar ao estaleiro para reparos e modificações. O último da classe só foi incorporado no início de 2022. Como no caso da Royal Navy, tudo foi causado por novas tecnologias não devidamente testadas.

d) Para entender o círculo vicioso da Espiral de Complexidade, destacamos a sequência: análise das demandas e promulgação dos requisitos; fase inicial de elaboração de projetos; surgem novos requisitos, estudos precisam ser modificados e reavaliados; novas tecnologias são necessárias, riscos técnicos e financeiros aumentam; prazos se dilatam, geram atrasos e aumento de custos; o número inicial de navios que deveriam ser obtidos é reavaliado para baixo (sempre); consequências negativas para os requisitos operacionais e menor presença no mar; e volta-se ao início.

e) Quanto maior for o hiato de tempo de obtenção entre duas classes sucessoras de navios ou submarinos, tanto maiores serão os riscos com a adoção de tecnologias inovadoras numa nova classe, com aumento de custos e atrasos. Isto sem mencionar a perda de competências nas equipes de projeto e experiência de construção em “chão de fábrica”.

f) No Brasil, temos tipicamente cinco fases, a saber: projeto de exequibilidade, projeto preliminar, projeto definitivo, detalhamento dos desenhos e construção propriamente dita.

Quanto mais avançados estiverem os trabalhos, tanto maiores serão os riscos técnicos, custos e atrasos, se houver modificações do projeto, inserção de novos requisitos ou tecnologias inovadoras. Tecnologias consagradas são mais seguras, mas, mesmo assim, não representam necessariamente uma garantia de sucesso.

Ao final dessas fases, há os testes de cais e os testes de mar, quando o novo meio naval é efetivamente testado, aprovado ou reprovado, neste caso retornando à responsabilidade do estaleiro para as devidas providências. As futuras tripulações participam ativamente das fases de testes com os engenheiros do estaleiro e os fornecedores de equipamentos, armas e sistemas. Somente após a aprovação final e recebimento pela Marinha, o novo navio ou submarino é oficialmente incorporado à Esquadra.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<FORÇAS ARMADAS>; Construção Naval; Marinha da Alemanha; Poder Naval Estrangeiro; Programa;