

A BUSCA DE GRANDEZA – (IX)* CONHECIMENTO, EXPERIÊNCIA E PROGRAMAS NAVAIS

(Parte 3)

*“Knowledge is the only instrument of production
that is not subjected to diminishing returns”*

J. M. Clark

ELCIO DE SÁ FREITAS**
Vice-Almirante (Ref^o-EN)

SUMÁRIO

Introdução	
Os Programas Ohio, Seawolf e Virginia	
Programa Ohio	
Antecedentes	
Requisitos de operação	
Estratégia de obtenção	
Projeto e construção	
Apoio durante a vida operativa	
Programa Seawolf	
Antecedentes	
Requisitos de operação e tecnologias novas	
Estratégia de obtenção	
Projeto e construção	
Atrasos, aumento de custos	
Cenário estratégico e base industrial	
Apoio durante a vida operativa	
Programa Virginia	
Antecedentes	
Requisitos de operação	
Estratégia de obtenção	
Projeto e construção	
Apoio durante a vida operativa	
Lições e reflexões	
Lições em países desenvolvidos	
Lições em países de desenvolvimento tardio	

* Continuação da série publicada no 3^o trim./2006; no 2^o trim./2007; nos 1^o, 2^o, 3^o e 4^o trim./2011; nos 2^o, 3^o e 4^o trim./2012 e nos 2^o e 3^o trim./2013.

** Serviu de dezembro de 1981 a agosto de 1990 na Diretoria de Engenharia Naval, tendo sido seu diretor de abril de 1985 a agosto de 1990.

INTRODUÇÃO

Na referência [1] examinamos o Programa Collins, da Austrália, e na referência [2] o Astute, do Reino Unido. Neste artigo focalizaremos brevemente os programas de obtenção dos submarinos Ohio, Seawolf e Virginia, dos EUA, tendo como fonte principal a referência [3], elaborada pela Rand Corporation para o Program Executive Office for Submarines do Naval Sea Systems Command (Navsea).

O propósito deste artigo e dos anteriores é aprender com experiências alheias, principalmente diante de escassas oportunidades para acumular-se experiência própria.

O Programa Collins ocorreu num país de nível tecnológico e organizacional apreciável, mas com pouco conhecimento e nenhuma experiência em projeto e construção de submarinos. Pretendia rápido progresso nesse campo e fortalecimento da indústria australiana. Para o projeto e a construção, associou-se ao estaleiro sueco Kockums, um dos mais avançados da época. Os requisitos de operação estabelecidos visavam obter uma classe de submarinos convencionais que provavelmente seria a mais moderna e poderosa da primeira década do século XXI. Também pretendia reduzir bastante a dependência e os dispêndios externos para manter submarinos. Embora os propósitos tenham sido parcialmente atingidos, os resultados ficaram aquém das expectativas [4]. Além de efeitos adversos em operação e manutenção dos Collins, o programa não gerou capacidade nacional em projeto de submarinos, necessária para obter uma classe sucessora que cumpra requisitos de operação específicos da Marinha australiana. [4] e [5]

Diferentemente do Collins, o Programa Astute transcorre num dos mais notáveis centros de conhecimento e experiência em projeto e construção de submarinos, o Reino Unido. Durante seus primeiros anos, houve

grande mudança no cenário estratégico mundial e drásticas alterações na estrutura, no sistema e nos procedimentos de obtenção de navios de guerra britânicos. Daí resultaram dificuldades, atrasos e aumento de custos e prazos de obtenção, bem como enfraquecimento temporário da base industrial de submarinos britânica. Diante de insucessos, as alterações drásticas foram gradualmente revistas e modificadas, harmonizando-se com boas práticas anteriores [6].

Embora situados em níveis tecnológico-industriais bem distintos, os programas australiano e britânico deixaram lições comuns a ambos e aplicáveis a Marinhas de Guerra em diferentes estágios de desenvolvimento. Elas foram enunciadas e comentadas nas referências [1] e [2].

Os programas norte-americanos Ohio, Seawolf e Virginia pertencem ao mais alto nível mundial de conhecimento e experiência em projeto e construção de submarinos. Ainda assim, neles surgiram obstáculos e dilemas. Pode-se pensar que o porte extraordinário desses programas os exclui como fonte apropriada de conhecimento e experiência que nos sejam úteis. Porém, examinando-os, vê-se que alguns de seus problemas equivalem aos que podem surgir em programas menores, mas de recursos escassos.

Muitas das lições desses cinco programas também se aplicam à obtenção de navios de guerra de superfície.

OS PROGRAMAS OHIO, SEAWOLF E VIRGINIA

Os programas Ohio, Seawolf e Virginia abrangem mais de 40 anos. O Ohio iniciou-se em 1972, e o Virginia ainda hoje prossegue, com pelo menos seis submarinos já comissionados e mais 24 a construir ou em construção. Antes do Programa Ohio, os EUA já haviam projetado e construído 16 classes de submarinos nucleares, dos quais

178 eram SSBNs (lançadores de mísseis balísticos). Durante a construção dos 18 *Ohio*, também se construíram os 62 submarinos de ataque (SSNs) da classe *Los Angeles*.

Com o formidável lastro de conhecimento, experiência, organização, base industrial especializada e poder econômico, científico e tecnológico dos EUA, aparentemente não eram de esperar grandes dificuldades nos programas *Ohio*, *Seawolf* e *Virginia*. Porém elas surgiram.

Resultaram de mudanças no cenário estratégico mundial e de severas pressões do Congresso americano para reduzir ou conter gastos com defesa.

Dada a magnitude e extensão de cada um dos três programas em pauta, nosso exame será bem mais sintético do que os realizados para os programas *Collins* e *Astute* nas referências [1] e [2]. Além disso, muitas das considerações da referência [3], agora nossa fonte principal, praticamente repetem as dos programas australiano e britânico.

PROGRAMA OHIO

Antecedentes

Os submarinos da classe *Ohio* são SSBNs e 18 deles foram construídos entre 1976 e 1997. Todos ainda estão ativos. Mais tarde, quatro converteram-se em

submarinos de ataque lançadores de mísseis de cruzeiro (SSGNs). Deslocam cerca de 18.500 toneladas submersos. Cinco classes de SSBNs precederam a *Ohio*. Destas, a última foi a *Benjamin Franklin*. Atualmente há estudos sobre a classe sucessora da *Ohio*, designada por SSBN X21.

As origens dos programas norte-americanos de SSBNs situam-se na década de 1950, quando estudos concluíram que SSBNs

seriam valiosos para deterência estratégica nuclear¹. Daí surgiu o programa para um sistema de SSBNs, atribuído ao Special Projects Office do Department of the Navy.² Ele visou quatro áreas principais:

- desenvolver um míssil balístico, usando combustível sólido de foguete;
- reduzir o tamanho e o peso de ogivas nucleares;
- identificar tecnologias revolucionárias de guiagem e navegação

para o sistema de controle de ataque; e

- projetar um submarino nuclear lançador de mísseis balísticos.

Daí resultaram inicialmente o sistema de armas *Polaris* e o primeiro submarino dessa classe, já no mar ao final da década de 1960. Suas duas tripulações, que se revezavam, aumentaram o tempo de permanência do submarino em distâncias apropriadas do alvo.

Os submarinos lançadores de mísseis *Polaris* foram projetados com margens para futuro crescimento adequadas a moderniza-

Com o formidável lastro de conhecimento, experiência, organização, base industrial especializada e poder econômico, científico e tecnológico dos EUA, aparentemente não eram de esperar grandes dificuldades nos programas *Ohio*, *Seawolf* e *Virginia*. Porém elas surgiram

1 Porém foi um submarino soviético que primeiro lançou um míssil balístico. Ele era diesel-elétrico, convertido da classe *Zulu*.

2 Mais tarde renomeado como Strategic Systems Program Office.

ções do sistema de mísseis, além de poderosos sistemas de comunicações e navegação.

Na década de 1960, surgiram cinco classes de SSBNs: *George Washington* (cinco submarinos), *Ethan Allen* (cinco submarinos), *Lafayette* (nove submarinos), *James Madison* (dez submarinos) e *Benjamin Franklin* (12 submarinos). Em 1967, estavam no mar 41 SSBNs lançadores de mísseis Polaris e Poseidon. Todos, exceto os dez primeiros, posteriormente foram convertidos para lançar mísseis balísticos de maior capacidade.

Até o final da Guerra Fria, em 1989, sucederam-se esforços dos EUA e da URSS pela supremacia estratégica nuclear, com desenvolvimento de mais poderosos sistemas de mísseis balísticos táticos e intercontinentais (ICBMs), mísseis antibalísticos (ABMs), mísseis capazes de lançar múltiplas ogivas nucleares (MIRVs) e SSBNs. No lado americano, os SSBNs foram equipados sucessivamente com mísseis Advanced Poseidon, Trident I C4 e Trident II D5. Estes dois últimos instalaram-se na classe *Ohio*.

No Programa Ohio não houve dificuldades e dilemas comparáveis aos dos dois programas seguintes, o *Seawolf* e o *Virginia*, ambos SSNs. Entre outros fatores favoráveis, muito influenciou a contínua disponibilidade de verbas para defesa, num período de elevadas tensões entre os EUA e a União Soviética (URSS), e o fato de o projeto ser evolutivo³, derivado dos SSBNs portadores de mísseis Poseidon. Nele evitaram-se tecnologias radicalmente novas [3]⁴.

Para o primeiro SSBN da classe *Ohio*, inicialmente estimada em dez unidades, proveram-se recursos no ano fiscal de

1974. Em agosto de 1997, foi entregue o último dos 18 submarinos da classe, o USS *Louisiana*.

Requisitos de operação

A origem do Programa Ohio foi provavelmente o estudo Strat-X, iniciado pelo Institute for Defense Analysis em 1967. Nele se propunha um submarino lento, silencioso e austero que não fosse necessariamente capaz de operar em grandes profundidades⁵. A indetectabilidade tinha maior prioridade que a velocidade máxima, e esta não excederia 13 nós. O estudo ainda sugeria que o raio de ação fosse da ordem de 6 mil milhas náuticas e que cada submarino tivesse ao menos 16 tubos lançadores de mísseis balísticos. Previa automação que reduzisse a tripulação necessária e, conseqüentemente, as correspondentes capacidades dos sistemas para a vida a bordo. A construção seria modular, para maior eficiência e menores tempos de produção [3].

Contrastando com os requisitos acima, o Almirante Rickover e o chefe do Escritório de Projetos de Sistemas Estratégicos da United States Navy (USN) concordaram em que o novo submarino tivesse tubos de mísseis pelo menos 3,5 maiores que os do *Poseidon*, atingisse 27 nós com dois reatores nucleares e, adotando um diâmetro de casco de 15 metros, deslocasse 30 mil toneladas submerso. Porém, essas especificações foram rejeitadas pelo Departamento de Defesa.

Os requisitos finais para a classe *Ohio* ficaram mais próximos daqueles do estudo Strat-X⁶. Para iniciar o correspondente pro-

3 Embora o *Ohio* tenha sido o maior submarino construído nos EUA, portador de 24 mísseis balísticos de mais longo alcance e maior carga nuclear que os seus precedentes.

4 Por exemplo, a tecnologia do reator nuclear já havia sido comprovada no mar, a bordo do USS *Narwhal*.

5 Grande profundidade de operação sem inaceitável deslocamento exigiriam aços especiais ainda não disponíveis na época.

6 As mudanças mais significativas foram a capacidade para 24 mísseis, e não 16, com tubos 10% maiores que os dos SSBNs lançadores de mísseis Poseidon.

jeto de submarino, em 1972, concedeu-se à Electric Boat (EB) um contrato de US\$ 35 milhões.

Além da atenção da USN a todas as características da plataforma, a classe *Ohio* foi projetada para permitir alta disponibilidade operacional. Para isso, formulou-se o Apoio Logístico Integrado (ALI) juntamente com o projeto do submarino. Duas bases, em Kings Bay (Washington) e Bangor (Georgia), foram otimizadas para prover treinamento de tripulações, recursos de manutenção, diques secos e instalações para carregamento de mísseis. Instituiu-se um programa específico, o Trident Equipment Repair Program, para remover equipamentos de submarinos que retornassem de patrulha e substituí-los por outros imediatamente disponíveis, pertencentes a um estoque da classe continuamente reparado ou recondicionado em terra. Além disso, o maior espaço nos *Ohio* permitiu aumentar a redundância nos sistemas, elevando a confiabilidade, embora com maiores custos.

Em 1972 foi apresentada ao Congresso a configuração do *Ohio*. Seu casco resistente teria um diâmetro de 12,82 metros. Deslocaria 18.700 toneladas quando submerso e teria um novo projeto de instalação propulsora, com um reator nuclear de circulação natural. Seria o maior submarino até então construído nos EUA.

Estratégia de obtenção

Estratégias para obtenção de sistemas grandes e complexos abrangem várias questões. Para navios de guerra, destacam-se:

- seleção dos contratados para os projetos de concepção, preliminar e de contrato;
- seleção do contratado principal para o projeto de construção e a construção;

- construção em um ou em mais de um estaleiro;
- tipo de contrato (custo fixo, custo mais taxa fixa, custo mais incentivos etc.);
- autoridade de projeto, autoridade técnica, autoridade inspetora;
- responsabilidades do governo, responsabilidades do contratado, alterações no projeto, alterações no contrato etc.;
- organização e requisitos do sistema de qualidade do projeto e da construção;
- material fornecido pelo Governo;
- custos e prazos;
- método de avaliações do progresso da construção e correspondentes eventos de pagamento;
- procedimento para processar propostas de alterações ao projeto e aprovar os correspondentes custos;
- formulação e montagem do apoio logístico integrado durante o projeto e a construção.

Para os programas Collins e Astute, apresentamos e comentamos muitas dessas questões nas referências [1] e [2].

No Programa Ohio, os projetos de concepção e preliminar provavelmente realizaram-se dentro da própria USN. As fases de projeto restantes couberam ao estaleiro da Electric Boat (EB)⁷, assim desdobradas:

- a) projeto e construção, em terra, de um protótipo da instalação propulsora;
- b) projeto do restante do submarino (contrato de 1972).

Esses dois contratos foram do tipo custo mais taxa fixa, e em ambos se exigiu a construção de um *mock-up* de madeira em escala 1:1 para auxiliar e validar o projeto.

Para o projeto de construção e a construção, competiram as empresas EB e Newport News. Na solicitação de propostas, em novembro de 1973, estabeleceu-se o tipo

⁷ A EB dedicava-se e ainda se dedica exclusivamente a submarinos e era o principal construtor de submarinos nucleares. Mais tarde, o estaleiro Newport News, o único dos EUA a construir navios-aeródromos nucleares, passou a construir também submarinos nucleares.

de contrato (preço fixo mais incentivo⁸), o preço-teto⁹ máximo (120% do preço-alvo) e a data de entrega do *Ohio* (dezembro de 1977). Nenhuma dessas condições foi atendida pelos proponentes.

Após extensas negociações, o contrato para a construção foi assinado com a EB. Fixava a entrega do *Ohio* em abril de 1979 e continha cláusulas protetoras do estaleiro contra efeitos inflacionários, atrasos, aumento de custos e outros riscos¹⁰. Estabeleceu um preço-teto inédito de 152% do preço-alvo para a obtenção do submarino.

Durante a construção da classe *Ohio*, as alterações no projeto, tanto as oriundas do estaleiro quanto as da USN, causaram intensas negociações. As avaliações do progresso da obra também geraram disputas e negociações que aprimoraram os métodos usados até chegar-se ao atual sistema de avaliação: a medição do valor obtido (*earned value measurement system*).

Nas décadas de 1980 e 1990, assinaram-se outros contratos com a EB para construir os demais submarinos *Ohio*. O *Louisiana*, último da classe, foi entregue em agosto de 1997. Nos 25 anos desde a assinatura do contrato para projeto, foram construídos 18 SSBNs da classe *Ohio*.

Projeto e construção

Fatos básicos

Houve três contratados para os sistemas principais:

– a Lockheed Missile and Space Company, para projetar e construir o sistema de mísseis;

– a General Electric, para projetar e construir a instalação propulsora nuclear; e

– a EB, para projetar e construir o submarino.

Adotou-se um único estaleiro, a EB, como projetista, construtor e integrador global. Evitaram-se assim problemas ocorridos no programa classe *Los Angeles*, em que os estaleiros Newport News e EB participaram.

Outra característica nova na construção dos *Ohio* foi a percentagem alta (45%) de desenhos do tipo *non deviating* (ND)¹¹. Nas classes anteriores, apenas 10% dos desenhos eram ND. As exigências do sistema de qualidade também foram mais estritas do que nos programas anteriores.

Com o início da construção dos *Ohio*, os soviéticos aceleraram seu programa da classe *Typhoon*, construída na década de 1980, em paralelo com a *Ohio*. Isso aliviou as pressões contra a obtenção de fundos para o Programa Ohio, permitindo maior concentração nas questões técnicas.

Obstáculos e soluções

A EB tinha que, simultaneamente, construir os *Ohio* e os *Los Angeles*, executar revisões gerais e reabastecimento de combustível nuclear, converter SSBNs Polaris para portarem mísseis Poseidon e realizar reparos de emergência para a Esquadra.

8 O quociente de incentivo era de 75/25 (isto é, seriam compartilhados pela USN 75% dos custos acima do preço-alvo, ou das economias em relação ao preço-alvo; 25% caberiam ao estaleiro).

9 O preço-teto é o preço máximo que pode ser pago ao contratado, exceto por quaisquer ajustes previstos em outras cláusulas do contrato.

10 Diferentemente de cláusulas anteriores, que protegiam um estaleiro contra escalada de custos somente se o seu desempenho estivesse dentro dos prazos e do orçamento, no contrato para o *Ohio* essa restrição só se manteve para custos que excedessem o preço-teto.

11 O estaleiro tem que construir exatamente segundo esses desenhos, geralmente por razões técnicas ou de segurança.

“No início da década de 1970, a EB não possuía a capacidade industrial e a força de trabalho necessárias para construir os *Los Angeles* e os *Ohio* em paralelo, nem para lidar com as grandes seções do *Ohio*, muito maiores que as dos submarinos precedentes” [3]. Visando superar esses obstáculos, a EB projetou os *Ohio* para serem construídos modularmente¹²; criou nova instalação em uma área próxima, Quonset Point, antiga Estação Aeronaval; expandiu sua força de trabalho; e finalmente ampliou seu estaleiro em Groton. Em Quonset Point, projetou e construiu uma nova instalação para fabricar as seções cilíndricas com suas cavernas. Dali as seções do casco foram transportadas por barcaças até a área expandida do estaleiro em Groton, onde desembarcaram e deslocaram-se sobre rodas até edifícios onde a obra prosseguiu sem expor-se ao tempo, até chegar-se à fase de acabamento final, com o submarino flutuando. Construíram-se também um novo dique seco e uma plataforma flutuante para deslocar o submarino do edifício de montagem para a água, eliminando-se a construção em carreira de lançamento.

A seu turno, a USN evitou montar, configurar e testar o complexo sistema eletrônico de combate dos *Ohio* no ambiente industrial do estaleiro. Para isso criou uma instalação dedicada a projeto, manutenção e teste de sistemas de combate em Newport, Rhode Island. Na época devida do programa de construção, o sistema de combate pré-certificado passou a ser desmontado e cuidadosamente transportado para instalação no estaleiro em Groton.

Para aumentar sua força de trabalho de 11 mil para 29 mil pessoas, a EB iniciou um rápido programa em 1972. Mas em 1979, um ano após o contrato de construção dos

Ohio, ocorreu uma greve de 21 semanas que causou dois meses de atraso na entrega do primeiro desses submarinos. E em 1988, 10 mil trabalhadores entraram em greve quando também a classe *Seawolf* estava sendo construída. Apesar da escassez de gente local para substituir os grevistas, a EB declarou que ainda não havia atraso após sete semanas de greve. Esta durou cem dias.

Com o efeito combinado das greves e do rápido aumento da força de trabalho, a EB teve que treinar e supervisionar muitos trabalhadores inexperientes, arriscando-se a consequências adversas no sistema de qualidade da construção.

Sistema de Qualidade

Sistema de Qualidade é um conjunto articulado de procedimentos destinados a maximizar a probabilidade de um produto a ser projetado e construído e cumprir satisfatoriamente suas especificações e requisitos de desempenho. Abrange praticamente todos os níveis das organizações do contratado principal e de seus subcontratados, bem como do Governo e dos seus fornecedores. Quando se iniciou a construção do *Ohio*, os EUA já haviam projetado e construído 16 classes de submarinos nucleares, dos quais 178 eram SSBNs. O correspondente sistema de qualidade já se instituíra, desenvolvera e consolidara em mais de 25 anos. Ainda assim, ocorreram problemas.

O primeiro problema detectou-se no ano em que o primeiro *Ohio* foi lançado, 1979. Durante uma auditagem interna de seu estoque, a EB descobriu aço que não cumpria totalmente as especificações de projeto. Ele não poderia ser usado, nem ter sido usado, no casco resistente e em

12 Na construção modular, os vários módulos de seção são simultaneamente montados e testados parcialmente fora das seções de casco, e depois deslizados para dentro das seções. É necessário que o projeto de detalhamento inclua essa técnica de construção e que esta se faça com alta precisão. Para submarinos, é difícil empregar-se a construção modular.

aplicações do programa Subsafe¹³. Tinha que ser rapidamente isolado do estoque. Examinaram-se 120 mil locais do navio. Ao final, foi necessário substituir somente 41 pequenas peças de aço.

Em novembro de 1979, a EB e a USN descobriram soldas com penetração incompleta no casco resistente de um submarino da classe *Los Angeles*, construída paralelamente com a *Ohio*, e algumas faltas de registros de inspeções de soldagem. Isso paralisou os trabalhos de soldagem no estaleiro até um amplo programa de auditoria determinar a natureza e extensão do problema. Numa auditoria da classe *Ohio*, foram inspecionadas 174 mil soldas, com 105 quilômetros de extensão total. Dessas, 2.502 eram defeituosas e foram reparadas ou substituídas.

A EB instituiu um programa de retreinamento e aumentou ainda mais a supervisão em soldas do Subsafe. Após autorização da USN no ano seguinte, retomou-se a construção dos *Ohio*.

Durante a construção dos demais submarinos *Ohio*, a USN e a EB concentraram-se em aprimorar técnicas e recursos industriais para a construção modular.

Material fornecido pelo Governo

Na construção de um navio de guerra há dois tipos de equipamentos: os contratados pelo estaleiro e os contratados diretamente pelo Governo e fornecidos ao estaleiro. A responsabilidade pela supervisão e correta operação de cada tipo cabe a quem contratou. Normalmente, reparos ou modificações num desses equipamentos seriam solicitados ao fabricante pela instituição contratante (estaleiro ou Governo). No entanto, para pequenos trabalhos nos *Ohio*, “a USN estabeleceu

um processo no qual o pessoal da EB faria os reparos ou ajustes por uma taxa fixa” [1]. O processo funcionou bem, mas o mesmo não aconteceu quando a USN solicitou que a EB rebalanceasse grandes turbogeradores e, mais tarde, substituísse rotores de turbinas principais com a praça de máquinas completamente inspecionada e testada. Isso implicou desmontar e depois remontar e testar equipamentos e sistemas. Além desses dois grandes problemas, a EB mensalmente fazia cerca de cem comunicações à USN sobre defeitos em equipamentos contratados pelo Governo. Elas chegam a 8 mil no biênio 1979-1980 [3].

Alterações no projeto

Durante a década de 1970, houve revisões semanais de projeto e de custos, tanto na USN como na EB. Algumas foram importantes e afetaram o programa de construção e as datas de entrega. Uma das principais foi a introdução dos mísseis Trident II D5 nos SSBNs, iniciando-se pelo USS *Tennessee* (SSBN734), nono submarino da classe *Ohio*, cuja data de entrega atrasou-se um ano. Também foram postergadas as datas de entrega dos dois submarinos seguintes. Os primeiros oito submarinos foram mais tarde reconfigurados para portar os mísseis Trident II D5.

Atrasos e aumento de custos

“Globalmente, o programa inicial de projeto e construção dos submarinos *Ohio* foi otimista e talvez irrealizável, levando a uma série de atrasos. Eles resultaram de questões de garantia de qualidade, alterações no projeto oriundas da USN durante a construção, disputas trabalhistas com os sindicatos locais e distribuição ineficaz da carga de trabalho

13 Subsafe é um programa de garantia de qualidade da USN, destinado a manter a segurança de seus submarinos nucleares. Visa obter a máxima probabilidade de um submarino ser estanque à água e recuperar-se de alagamentos imprevistos. Abrange todos os sistemas expostos à pressão do mar e a alagamentos críticos.

entre os vários contratos no estaleiro.” [3] Houve seis revisões na data de entrega do *Ohio*, primeiro da classe, finalmente entregue em outubro de 1981, 30 meses após a data inicialmente pretendida. Para o oitavo submarino, o atraso reduziu-se a seis meses.

A tabela 3.5 da referência [3] registra a escalada de custos para os oito primeiros *Ohio*, obtidos em três diferentes contratos com a EB. Todos os custos estão indicados em dólares do ano fiscal de 1981.

Os custos do contrato com a EB para a construção dos *Ohio* não incluem os de obtenção da instalação propulsora nuclear nem a do sistema de combate, obtidos pela USN em dois outros contratados.

Na tabela, nota-se que os custos-alvo por submarino do Contrato I foram menores que os do Contrato II, e estes menores que os do Contrato III. É possível que os dois primeiros custos-alvo tenham sido otimistas, parcialmente componentes dos respectivos aumentos de custos.

Apoio durante a vida operativa

Os *Ohio* foram projetados para máxima disponibilidade que compensasse não se obter um número maior de submarinos. Além das providências para apoio durante a vida operativa, já relatadas no tópico *Re-*

quisitos de Operação, a USN estabeleceu contratos para apoio aos sistemas estratégicos (navegação, controle de tiro e guiagem) e para a instalação propulsora.

A USN também contratou a EB como o *planning yard* para a classe *Ohio*, com várias responsabilidades: continuidade dos desenhos de projeto e várias outras atividades, desde concepção de alterações até apoio de engenharia em revisões gerais e reparos.

PROGRAMA SEAWOLF

Antecedentes

Nas décadas de 1970 e 1980, evoluiu o cenário estratégico para emprego de SSBNs e SSNs, fruto de elevadas tensões entre os EUA e a União Soviética e do rápido progresso tecnológico dos submarinos soviéticos. Na década de 1970, iniciou-se o longo e grande programa dos SSNs *Los Angeles* (62 submarinos) e o dos SSBNs *Ohio* (18 submarinos). E nos anos 1980 iniciou-se o Programa Seawolf.

A classe *Los Angeles* concebeu-se em meados dos anos 1960. Destinava-se a operar com um grupo de batalha de navio-aeródromo e conseguir uma posição de ataque contra submarinos soviéticos capazes de altas velocidades submersos. A estratégia da USN era então de meio-oceano, evitando operações ofensivas

Escalada de Custos nos três primeiros contratos dos *Ohio*
(milhões de dólares do Ano-Fiscal de 1981) [3]

Contrato	Nº de Submarinos	Custo-Alvo Atual	Base de Referência Contratual ¹⁴	Orçamento da EB	Aumento de Custos Estimados
I	4	916,075	1.524,362	1.721,862	197,500
II	3	924,025	1.353,585	1.367,517	13,932
III	1	350,837	473,990	473,990	Zero
Total	8	2.190,937	3.351,937	3.563,369	211,432

¹⁴ Inclui o custo-alvo, uma estimativa de trabalhos autorizados, mas sem preço, e uma estimativa de pagamentos por flutuação de preços, pagos separadamente do preço do contrato.

nos mares de Barents e Okhotsk, onde SSBNs soviéticos poderiam estar patrulhando [3].

Nos anos 1980, a estratégia passou a de opor-se aos submarinos soviéticos tão ao norte quanto possível, nas zonas de negação do mar e controle do mar [3]. Os submarinos americanos precisavam operar mais longe, tanto no noroeste do Pacífico como no nordeste do Atlântico, detectando SSBNs soviéticos sem serem detectados. Embora a classe *Los Angeles* estivesse sendo produzida rapidamente e tivesse a velocidade necessária para operações de apoio a navios-aeródromos e controle de rotas marítimas, ela não possuía as capacidades para a nova missão, que incluía ação ofensiva oculta contra SSBNs soviéticos em seus bastiões ou sob a calota de gelo polar. Daí surgiram os requisitos para uma nova classe de SSNs: a *Seawolf*.

Requisitos de operação e tecnologias novas

Os primeiros estudos de concepção para a nova classe de SSNs concentraram-se num certo número de projetos menos dispendiosos que melhorariam a capacidade da classe *Los Angeles*. Mas em 1981 uma nova administração dos EUA expandiu os gastos de defesa e adotou uma nova estratégia marítima. Tornou-se claro que as capacidades que seriam requeridas excederiam as margens de projeto dos *Los Angeles* [3].

Em 1982, iniciou-se o Programa *Seawolf*. Formou-se um grupo especial da USN para avaliar futuras ameaças e a necessidade de tecnologias avançadas para a nova classe de SSNs. A missão primária dos *Seawolf* seria caçar e rastrear SSBNs soviéticos.

As prioridades no desenvolvimento dos requisitos de operação dos *Seawolf* eram aumento da capacidade de ocultação

(silêncio acústico) e um melhor sistema de combate. Como áreas adicionais de missão incluíram-se a guerra antissuperfície, missões de ataque, vigilância e guerra de minas. Esses requisitos foram transformados em parâmetros de desempenho pela USN. Um objetivo primário era reconquistar a vantagem acústica que se perdera com o surgimento dos mais recentes submarinos soviéticos.

Para detectar e atacar SSBNs sem ser detectado, era essencial reduzir o nível de ruído irradiado, aprimorar significativamente sensores e processamento de sinais e melhorar a capacidade das armas. A eficácia do sonar seria melhorada mediante um sistema de combate integrado e avançado.

A operação no Ártico requeria reforçar a vela e ter lemes de mergulho retráteis, montados na proa. As velocidades dos *Seawolf* teriam que ser altas (tanto a máxima como a tática¹⁵). Para isso, a USN selecionou a tecnologia de propulsor em duto.

Em lugar do aço HY-80, usado nos cascos resistentes de submarinos anteriores, pretendeu-se adotar, na classe *Seawolf*, o HY-130, para operar na profundidade máxima especificada sem aumento inaceitável no peso do casco resistente.

Quase ao final do processo para estabelecer requisitos, a USN determinou que a carga de armas dos *Seawolf* fosse maior que a dos *Los Angeles*¹⁶, além de a nova classe ser capaz de lançar mísseis Tomahawk pelos tubos de torpedo. Prevendo-se armas maiores, ainda não desenvolvidas, projetaram-se tubos com diâmetro de 26,5 polegadas, em vez das 21,5 polegadas das classes precedentes.

Todos esses requisitos levaram a um submarino de grande porte e à adoção de tecnologias avançadas de redução de

15 Velocidade tática é aquela em que um submarino pode detectar um determinado adversário e manter o contato.

16 Em princípio, a USN estabeleceu uma carga de 50 torpedos, para operações longas sem reabastecimento.

ruídos, sistema de combate e aço do casco resistente. Também se tornou necessário um novo reator nuclear para a propulsão. O custo do *Seawolf* elevou-se.

A simultânea utilização de várias tecnologias em seus limites extremos distinguiu os *Seawolf* das classes anteriores. Isso era indispensável no cenário de ameaças da década de 1980. Mas o cenário mudou com o final da Guerra Fria. Tal mudança e o alto custo dos *Seawolf* resultaram em construir-se apenas três submarinos, em vez dos 29 inicialmente pretendidos.

Estratégia de obtenção

Para obter os *Seawolf*, o Departamento de Defesa e a USN adotaram uma estratégia que, se bem-sucedida, poderia conseguir os melhores resultados no projeto e a construção da classe e também manter a competição entre os dois estaleiros projetistas e construtores de SSNs e SSBNs: EB e Newport News. Também houve a preocupação de manter ativas as equipes técnicas altamente especializadas desses dois competidores¹⁷. **As várias fases de projeto e construção de submarinos duram mais de dez anos¹⁸. Cada uma requer determinados tipos de especialistas. Sem encomendas de novas classes durante longo tempo, as equipes técnicas se atrofiam. Até mesmo para os EUA, é difícil manter o necessário ritmo de encomendas, exceto em períodos de alta tensão político-militar.**

Em resumo, a estratégia de obtenção foi: a) estudos de exequibilidade e projeto de concepção realizados no Departamento de Defesa e na USN; b) contratos separados com os dois estaleiros para cada um submeter seu projeto preliminar; c) competição entre os dois estaleiros para as duas fases subsequentes (projetos de contrato e de construção¹⁹); d) competição para selecionar o construtor do primeiro submarino da classe.

Após rever as duas propostas de projeto preliminar, a USN decidiu que se formasse uma equipe de projeto com participantes de ambos os estaleiros, esperando combinar as melhores características de projeto de cada um para conseguir o melhor resultado possível. Ele seria a base para o projeto de contrato.

Ainda nos primeiros estágios do projeto de concepção, a USN selecionou o Bettis Atomic Power Laboratory e seu subcontratado para arquitetura naval e engenharia marítima (a EB) para projetar a instalação propulsora e dela construir um modelo em escala 1:1 (*mock-up*).

Newport News venceu a competição para ser o estaleiro líder (*lead yard*) do projeto de construção. Como a EB já estava trabalhando na instalação propulsora, ela foi contratada por Newport News como estaleiro participante para o projeto da parte de ré do submarino e para os aspectos de propulsão nas praças de máquina. Newport News recebeu inicialmente US\$ 303 milhões como estaleiro líder. À EB couberam US\$ 48 milhões.

17 Newport News não havia projetado um novo submarino em quase 20 anos, e a EB não projetara um novo SSN em mais de 20 anos.

18 Ai se inclui a fase de estabelecimento de missões e requisitos de operação do navio, em que é indispensável intensa interação do setor operativo com o setor técnico, até chegar-se a um projeto de concepção aprovado pela Alta Administração Naval.

19 Na referência [3] não ficou claro se houve um projeto de contrato e outro de construção. Este último, também denominado projeto detalhado (*detailed design*), detalha o projeto até o nível necessário à produção do navio, enquanto o projeto de contrato fica um nível acima, destinando-se a permitir que o estaleiro possa fazer suas proposta de construção com informações suficientes. Aparentemente, para o *Seawolf* essas duas fases de projeto foram fundidas numa só fase. A fase seguinte já seria a de construção.

A USN exigiu que o projeto de construção fosse utilizável por ambos os estaleiros em suas propostas para construir o primeiro dos *Ohio*. Daí resultou um projeto de construção não otimizado para a produção.

O sistema de combate (AN/BSY-2) foi contratado separadamente pelo Governo com a General Electric e fornecido ao estaleiro.

Embora a USN esperasse os melhores resultados possíveis com a estratégia de obtenção adotada (participação de dois estaleiros), ela reconhecia os potenciais problemas que poderiam advir. Alguns se concretizaram, pois não parece ter havido o alto grau de cooperação desejável entre os dois estaleiros, além de cada um ter suas abordagens e procedimentos próprios para o projeto, o que dificultou sua integração e retardou a execução.

A USN esperava que 70 a 80% do projeto de construção estivesse pronto antes de a construção começar em novembro de 1989. Tal não aconteceu. As causas foram a estratégia de obtenção utilizada (participação de dois estaleiros) e os riscos associados com os requisitos de operação desejados.

Projeto e construção

Para o projeto de construção, os sistemas principais e dez áreas do projeto do navio foram distribuídos entre os dois estaleiros. Houve um período de dois anos desde o projeto de contrato até a construção do primeiro *Seawolf*, destinado a permitir aumento das atividades de projeto, resolução de conflitos resultantes dos projetos dos dois estaleiros e desenvolvimento de novas tecnologias necessárias para atingir-se o desempenho operativo desejado.

As diferenças de métodos, procedimentos e detalhes de projeto entre os dois estaleiros requeriam um alto grau de cooperação entre eles. Porém ela não ocorreu. Como ambos competiriam pelo contrato

de construção logo adiante, eles relutaram em revelar detalhes que consideravam “segredos da empresa”. Acumularam-se atrasos. Não se atingiu a meta original de completar-se 80% dos desenhos do projeto de construção antes de esta começar. As propostas para construção foram solicitadas com somente 5% dos desenhos terminados.

Em janeiro de 1989, concedeu-se à EB o contrato para a construção do primeiro navio da classe *Seawolf*, mas com o atraso no projeto já influiu no programa.

Certas especificações para sistemas principais foram alteradas após iniciar-se a construção. “Até 1982, a USN aprovou mais de 800 dessas alterações, com aumento de custos estimado em US\$ 180 milhões.”[3]

A construção modular prevista também foi prejudicada, pois carecia de desenhos do projeto de construção e era afetada pelas frequentes alterações no projeto. Com isso, as grandes seções cilíndricas e suas cavernas, construídas em Quonset Point, de lá saíram para o estaleiro em Groton com poucos equipamentos instalados.

Inicialmente esperava-se usar HY-130 no casco resistente dos *Seawolf*. Porém a tecnologia desse aço ainda não estava pronta para o primeiro navio da classe. Adotou-se o HY-100, testado com bons resultados em inserções nos submarinos Los Angeles. Mas houve dúvidas quanto à especificação do lingote para as varetas de soldagem do HY-100. Esse fato e possíveis deficiências em processos de soldagem da EB causaram trincas nas soldas de união das seções iniciais do *Seawolf*. Foram necessárias revisões caras e substituição das soldas defeituosas.²⁰

Por experiência com a classe *Los Angeles*, a USN estimou que não completar o sistema de combate dos *Seawolf* no devido tempo era um risco médio. Para reduzi-lo, planejou desenvolver, testar, integrar e entre-

²⁰ Também foi necessário substituir uma das seções do casco resistente.

gar o respectivo *software* em seis anos. Porém, em 1987, o Government Accountability Office (GAO) considerou alto o risco, pois a quantidade de *software* necessária era quase o dobro da existente nos *Los Angeles*. Além disso, o *data bus* ótico não estava pronto para suportar o sistema da classe *Seawolf*.

Atrasos, aumento de custos

Várias causas concorreram para atrasos e elevação de custos no Programa *Seawolf*. As principais foram:

- atraso nos desenhos do projeto de construção, já existente quando esta começou;
- especificações impróprias e alterações nas especificações de projeto, particularmente as do sistema de combate;
- problemas na preparação dos pacotes de ordens de serviço;
- soldas defeituosas no casco resistente e sua correção; e
- adoção de tecnologias ainda imaturas.

Quando se tornou evidente que a classe *Seawolf* não teria 29 navios, a base industrial mostrou sinais de contínua erosão. Da primeira concepção dos *Seawolf* até a entrega do primeiro da classe decoreram 15 anos

com 25 meses de atraso e 45% acima do custo inicialmente estimado²¹. Este fato e a distensão político-militar reinante reduziram o Programa *Seawolf* a somente três submarinos. Houve até mesmo proposta de limitar a classe a um só navio, mas a base industrial de submarinos se enfraqueceria. O Congresso determinou que se continuasse a construção do segundo submarino da classe e autorizou US \$540 milhões para apoiar a base industrial até o início de uma nova classe de submarinos menos caros, ou até a retomada da construção do terceiro *Seawolf*, ou até o reinício da construção de submarinos

Los Angeles.

Quando se tornou evidente que a classe *Seawolf* não teria 29 navios, a base industrial mostrou sinais de contínua erosão.

Da primeira concepção dos *Seawolf* até a entrega do primeiro da classe decoreram 15 anos. O programa terminou em 2005, com o comissionamento do *Jimmy Carter*.

Cenário estratégico e base industrial

Em 1990, o cenário estratégico alterou-se com o fim a Guerra Fria. O Departamento de Defesa aumentou a ênfase em *joint warfare* e operação em litorais. As necessidades da USN foram revistas. Reduziu-se o número de *Seawolf* originalmente planejado, bem como o ritmo de suas encomendas.

O primeiro dos 29 *Seawolf* inicialmente pretendidos foi comissionado em 1997,

Apoio durante a vida operativa

A grande atenção voltada para cumprir avançadíssimos requisitos operativos deixou em segundo plano o apoio logístico nas fases de projeto e construção. “O custo total de vida do submarino, desde o projeto até o descarte final, foi em grande parte ignorado.” [3] E o reduzido número de submarinos *Seawolf* dificulta e torna dispendioso o seu sistema de apoio.²²

21 A estimativa de custos original fora de US\$ 38 bilhões para 29 navios. Em 1999, a estimativa para os três primeiros era de US\$ 16 bilhões.

22 O terceiro submarino da classe, *Jimmy Carter*, é bem diferente dos dois primeiros.

PROGRAMA VIRGINIA

Antecedentes

A classe *Virginia* de SSNs desenvolveu-se nos primeiros anos da década de 1990, sucedendo à *Los Angeles* e à conturbada *Seawolf*. As seguintes condições regularam o projeto e a construção da classe *Virginia*:

a) Era indispensável manter a base industrial de construção de submarinos e, ao mesmo tempo, o nível prescrito de 45 a 55 submarinos nucleares.

b) Havia a necessidade imediata de sustentar a base de projetos de submarinos e solucionar a questão da futura obsolescência em bloco da classe *Los Angeles*.

c) Em 1999, a situação político-militar mundial mudara dramaticamente com o fim da Guerra Fria. A nova

estratégia marítima norte-americana visava prioritariamente a conflitos militares no litoral.

Para atender a essas condições, a USN propôs um novo submarino de ataque de baixo custo, o *Virginia*, primeiro da nova classe. Desde a concepção original até o comissionamento do primeiro *Virginia*, em 2004,²³ decorreram 16 anos. Durante todo esse período, o Congresso envolveu-se ativamente na supervisão e nas decisões do programa.

A USN avaliava a grande importância de um programa bem-sucedido de submarinos de baixo custo. Por outro lado, a base industrial de submarinos sentia o impacto de o Programa *Seawolf* ter sido truncado.

Para a EB, que só construía submarinos, um hiato na produção poderia significar o fim da empresa. Portanto, ela iniciou uma reestruturação, reduzindo seu pessoal²⁴ e buscando meios de diminuir custos.

Requisitos de operação

O novo ambiente de requisitos de operação focalizaria predominantemente um crescente número de pequenos conflitos regionais no litoral [3].

A USN assegurou ao Congresso que os *Virginia* seriam menos dispendiosos, mais capazes de operar em litorais e aptos a manter a superioridade contra a ameaça reduzida, mas contínua, de submarinos russos. Seu custo permitiria produzir dois submarinos por ano, e assim manter a estrutura da força e a respectiva base industrial na virada

do século. Para tanto, se usariam tecnologias já existentes nos programas *Seawolf*, *Los Angeles* e *Ohio*. A USN preocupava-se em evitar os erros do Programa *Seawolf*, cujas lições havia revisto exaustivamente.

No início do processo de determinação de requisitos, sete missões principais foram estabelecidas:

- ataque;
- guerra antissubmarino;
- guerra antiaérea;
- apoio a grupo de batalha;
- inteligência;
- colocação de minas; e
- operações especiais.

Desde a concepção original até o comissionamento do primeiro *Virginia*, em 2004, decorreram 16 anos.

★ ★ ★

A USN preocupava-se em evitar os erros do Programa *Seawolf*, cujas lições havia revisto exaustivamente

²³ Até 2010 já tinham sido comissionados sete submarinos classe *Virginia*, e mais cinco estavam contratados.

²⁴ O nível de empregos no estaleiro caiu de 14 mil trabalhadores para aproximadamente 8 mil.

Para atingir metas de custo, a USN fez concessões em alguns parâmetros de desempenho. A prioridade de projeto foi igualar a discrição acústica dos *Seawolf*, deixando em segundo plano outras características, como velocidade máxima e deslocamento.

Em fevereiro de 1992, o chefe de Operações Navais (CNO) estabeleceu os seguintes focos:

- adotar a discrição acústica dos *Seawolf*, base de todas as missões futuras de submarinos, provedora da necessária segurança tática;

- reduzir a velocidade máxima a um valor suficiente para prover mobilidade e aproximação do alvo, e para permitir operação com outras unidades navais em rápidas respostas a crises regionais;

- manter apenas capacidades básicas no sistema de combate e examinar tecnologias comprovadas em projetos de arquitetura aberta;

- reduzir a carga

útil de armas e sua taxa de disparo; e

- reduzir a profundidade máxima e concentrar o projeto em profundidades suficientes para enfrentar as ameaças então previstas.

A maturidade das tecnologias a adotar foi consideração básica. Classificaram-se como de baixo risco as já em uso noutros submarinos, e de alto risco aquelas a desenvolver simultaneamente com o projeto. As tecnologias para cumprir requisitos acústicos foram tipicamente de alto risco. Em alguns casos, alterações nos requisitos acústicos dos *Virginia* implicaram modificações no projeto. Como estratégia,

requeriu-se que tecnologias novas fossem testadas em terra ou preferivelmente no mar, sujeitas a todo o perfil de missão, antes de serem incorporadas ao projeto. A USN voltou ao seu princípio básico de não introduzir mais de uma importante tecnologia nova em qualquer submarino e de, na máxima extensão possível, todas as tecnologias a introduzir serem testadas no mar como protótipos.

Os estudos de concepção da nova classe de SSNs foram aprovados pelo Departamento de Defesa em agosto de 1992. Dois

anos depois, a Defense Acquisition Board aprovou o Marco 1 do programa, de projeto e construção, devendo esta ser iniciada na EB no ano fiscal de 1998.

Além do escrutínio do Congresso, o Programa Virginia foi o primeiro a passar, ainda em sua fase inicial, por uma avaliação da Navy's Operational Test Evaluation Force, em 1995. O propósito foi avaliar se o projeto

atendia aos requisitos, determinar o risco técnico de desenvolver novas tecnologias e verificar a adequabilidade do programa. Como resultado, os requisitos foram mais bem definidos.

Estratégia de obtenção

As seguintes questões condicionaram a estratégia de obtenção:

- a) Conseguir o processo mais eficiente e econômico de projetar e construir os submarinos, evitando problemas recentes.

- b) Mesmo com ritmo reduzido de encomendas, manter a capacidade de projeto

A USN voltou ao seu princípio básico de não introduzir mais de uma importante tecnologia nova em qualquer submarino e de, na máxima extensão possível, todas as tecnologias a introduzir serem testadas no mar como protótipos

e construção de submarinos nucleares em dois estaleiros (EB e Newport News), para preservar a possibilidade de rápido aumento de produção de SSNs e SSBNs.

c) Idem para o restante da base industrial de defesa. [8]

d) Manter a competitividade entre os dois estaleiros projetistas e construtores de submarinos nucleares.

No trato dessas questões, várias possibilidades se examinaram e foram tomadas algumas decisões entre 1995 e 1998. Na questão a), concluiu-se que o primeiro navio da classe deveria ser projetado e construído por um único estaleiro, a EB, que seria líder para o restante do programa. Em 1996 ela foi contratada para projetar as instalações de vapor e elétrica (custo mais taxa fixa) e o restante do navio (custo mais taxa de incentivo). E em setembro de 1988 recebeu o contrato para construir o primeiro da classe, como parte de uma encomenda inicial de quatro SSNs.

A questão b) resolveu-se por um acordo de 1996 entre a EB e Newport News, depois aprovado pelo Congresso, em que os dois estaleiros se propunham a construir os quatro primeiros submarinos como uma equipe, e não como competidores. O resultante Memorando de Entendimento assim rezava:

- A EB seria o único agente de projeto para o contrato.

- A EB seria o contratado principal para a construção.

- Newport News seria um grande subcontratado, com cerca de 50% do trabalho na construção de cada dois navios.

- O lucro seria igualmente dividido, independentemente das alocações de trabalho.

- Cada estaleiro fabricaria os mesmos módulos (exceto o da instalação do reator).

- Os estaleiros alternariam a fabricação de módulos e toda a montagem, teste e entrega do navio.

No contrato para a construção dos primeiros quatro navios, houve cláusulas para levar em conta a incerteza na base de fornecedores para submarinos, assim como incentivos para redução de custos. O contratado principal responsabilizou-se por quatro dos 15 sistemas e subsistemas de combate. Os demais, como radar, navegação, sonar etc., couberam ao Governo.

Todas essas providências e a perspectiva de se construírem até 30 submarinos da classe provavelmente resolveram a questão c), mas não integralmente, pois a base industrial de projetos de submarinos ficará quase inativa e se enfraquecerá se o projeto de uma nova classe não for iniciado brevemente. O mesmo poderá ocorrer quanto à questão d).

Projeto e construção

Fatos básicos

Na década de 1980 houve progressos marcantes no projeto e na construção de submarinos nos EUA: projeto direcionado para construção modular, modernização e expansão de instalações de produção, intensa atividade de toda a base industrial de submarinos e busca de redução de custos e prazos. Nessa década transcorriam os programas Los Angeles, Ohio e Seawolf, concebidos segundo estratégias de alta tensão político-militar. Predominou a busca e o pronto emprego de novas tecnologias que assegurassem vantagens militares decisivas. Algumas dessas tecnologias ainda estavam em desenvolvimento durante o projeto, introduzindo riscos e aumentos de prazos e custos. A redução de prazos e custos, também um objetivo, ficou em segundo plano, mas passou a prevalecer ao final da Guerra Fria. Daí resultou a interrupção do Programa Seawolf, reduzido a somente três submarinos.

Reestruturações

No projeto e na construção dos *Virginia*, a redução de custos e prazos passou a ser fundamental, embora sem renúncia à eficácia e eficiência operativa. Foi necessário examinar atentamente os programas recentes para conceber novos procedimentos técnico-gerenciais capazes de levar a bom termo o novo empreendimento. Manter a estrutura de sua força de submarinos era uma questão vital para a USN, e uma questão de sobrevivência para a EB e a base industrial de submarinos.

A USN realizou exaustivo exame do Programa Seawolf e concluiu que poderia evitar aumentos de custos e prazos implementando algumas lições principais obtidas em programas anteriores e ressaltadas por auditores externos:

- contratar com um único estaleiro o projeto e a construção do primeiro submarino da classe;
- retardar a construção do primeiro da classe até o projeto estar substancialmente consolidado;
- fortalecer o processo de desenvolvimento e aprovação de especificações;
- identificar, ainda nos primeiros estágios do programa, componentes e fornecedores críticos; e
- reduzir o risco de desenvolvimento do sistema de combate.

Em seu Escritório de Gerência do Projeto, a USN compilou mais de mil lições técnicas obtidas em programas anteriores para incorporá-las ao projeto dos *Virginia*.

A EB tratou de sua sobrevivência. Buscou novos métodos técnico-gerenciais para projetar e construir submarinos nucleares em menor tempo e com menor custo. Analisou todos os aspectos relevantes do projeto e construção, incluindo recursos de gerência de projeto, *software* e o recente processo de engenharia simultânea (*concurrent engineering*)²⁵. Daí resultou a decisão de implementar um Desenvolvimento de Produto e Processo Integrados, cuja sigla é IPPD (*Integrated Product and Process Development*).

O IPPD difere distintamente do processo de projeto e construção tradicional de navios da USN, composto das fases sequenciais de concepção, preliminar, contrato, detalhamento para a construção e construção, com um período ao final de cada fase para avaliações e decisões antes de iniciar-se a fase seguinte, durante o qual frequentemente alteravam-se requisitos e abordagens preferidas, atrasando-se o processo.

“No processo IPPD, todas as tarefas das fases tradicionais são realizadas, mas paralelamente, com o estaleiro construtor e a USN participando em todas as fases do projeto, desde a concepção até a entrega do submarino.” O processo procura integrar melhor o projeto com o planejamento da produção, e ao mesmo tempo assegurar que o ciclo de vida da plataforma seja considerado em todos os seus estágios. Conduz ao término do projeto bem mais cedo do que no processo tradicional [3].

A decisão da EB em usar o novo processo teve participação e aprovação do

25 “Uma publicação de 2008 descreve o método de *concurrent engineering* como um sistema de gerência de projeto relativamente novo, amadurecido em anos recentes, para tornar-se uma abordagem de sistema bem definida e destinada a otimizar os ciclos de projeto de engenharia. Tem sido implementado em certo número de companhias, organizações e universidades, particularmente na indústria aeroespacial. A premissa básica consta de dois conceitos: o primeiro é que todos os elementos do ciclo de vida de um produto, desde a funcionalidade, meios de produção, montagem, meios de teste, manutenção, impacto ambiental e descarte e reciclagem finais devem ser levados em conta nas fases iniciais do projeto. O segundo conceito é o de que todas essas atividades devem ocorrer ao mesmo tempo.” [7]

Governo. Como Newport News seria um subcontratado principal, ele também participaria do novo processo. Newport News e o Governo teriam que alterar seus processos para corresponderem ao da EB.

Os seguintes pontos principais ficaram assentados para o novo processo:

- O processo IPPD acionado pela EB focalizaria custos e se basearia em verificações.

- A USN, como autoridade de projeto e autoridade técnica, estaria total e continuamente engajada.

Um dos propósitos de redução de custos com o novo processo realizou-se, pois o primeiro dos *Virginia* construiu-se com eficiência já próxima à do terceiro navio da classe.

Para reduzir custos sem prejudicar o desempenho, foi indispensável incluir no programa os fornecedores da base industrial. Para os *Virginia*, eles eram mais de 2.600 em 46 estados. Durante todo o projeto, os componentes a serem fornecidos foram revistos quanto a custos e características.

Ferramentas de software

O *Virginia* foi totalmente projetado com software de modelagem CAD 3-D e um Sistema de Projeto e Fabricação Integrados. Ele permitiu projetar o navio com centenas de interações. Apesar das múltiplas vantagens, ainda houve questões a melhorar para permitir o acesso eletrônico a pacotes de ordens de serviço durante construções e manutenções.

Construção modular

Decorridos três anos de construção, 99% dos desenhos estavam completos, *versus* 65% para o *Seawolf*. Este fato e a construção modular introduzida nos programas Ohio e *Seawolf*, e aperfeiçoada no *Virginia*, permitiram construir e testar muitos dos

componentes antes de os instalar nas seções cilíndricas do casco. No primeiro navio da classe, 81% do trabalho já terminara quando se fechou o casco resistente, *versus* 57% para o *Seawolf* e 33% para o *Los Angeles*.

Supervisão e sistema de medição do desempenho

Nos programas de construção de submarinos durante a década de 1980, foi insatisfatório o desempenho em contabilidade de custos e controle de prazos. Para os *Virginia*, adotou-se um Sistema de Gerenciamento do Valor Obtido (Earned Value Management System, EVMS). “Em vez de comparar resultados planejados com resultados reais, como no método anterior, o EVMS integra custo, prazo e escopo para ajudar a prever o desempenho futuro e permitir que o gerente identifique e controle problemas enquanto eles são administráveis”. [3] O gerente do projeto do *Virginia* usou no EVMS com índices de desempenho de custo e índices de desempenho de prazos para monitorar o desempenho do projeto.

Atrasos e aumentos de custos

Até o ano fiscal de 2000, o Programa *Virginia* tinha evitado os aumentos de custos de programas anteriores. O custo do programa estava dentro de 8% do custo orçado. E em outubro de 2004, o primeiro navio da classe foi entregue à USN apenas quatro meses após a data prevista, *versus* 25 meses para o *Seawolf* e 19 meses para o *Ohio*. No entanto, ainda houve atrasos e aumentos de custos.

Em 1998, o Government Accounting Office (GAO) identificou problemas de desenvolvimento em alguns sistemas, como os de interceptação acústica, guerra eletrônica, propulsor, comunicações externas e *towed array*.

Newport News teve aumento de custos de aproximadamente 50% e atraso de quase um ano na entrega do segundo submarino da classe, o *Texas*. Muito do aumento de custos e de prazos de Newport News deveu-se ao intervalo de quase dez anos entre a entrega do seu último submarino classe *Los Angeles* e o *Texas*, embora a força de trabalho tenha permanecido empregada em construção de navio-aeródromo [3].

Mesmo com o esforço para reduzir custos, o GAO verificou que muitos haviam sido subestimados no início do programa. Em 2005, identificaram-se os seguintes fatores determinantes de aumentos de custo:

1 – Acréscimos nas horas de trabalho causaram 40% do aumento de custos total e resultaram de questões de integração entre os dois estaleiros, atrasos em entregas de materiais e greve num dos estaleiros.

2 – Elevação de custos em materiais causaram 43% do aumento total e resultaram de verbas orçamentadas muito abaixo dos custos reais dos fornecedores e diminuição no número de fornecedores de materiais altamente especializados (função da intensidade baixa do programa) etc.

3 – Equipamentos fornecidos pela USN (radares, equipamento de propulsão e sistemas de armas) causaram 14% do aumento de custos total.

4 – Despesas de *overhead* concorreram com 3% do aumento de custos.

O custo final do primeiro casco foi de US\$ 2,8 bilhões (ano fiscal de 2005), *versus* a estimativa de US\$ 1,8 bilhão desse mesmo ano.

Apoio durante a vida operativa

Ainda nas primeiras fases do Programa Virginia, as equipes de projeto contaram com recomendações de participantes externos sobre questões de apoio durante a vida operativa dos navios. Aí se incluíram operadores e mantenedores que examinaram *mock-ups* virtuais. Também se incluíram técnicos em desmontes e descartes.

Os *Virginia* foram originalmente projetados para maximizar a disponibilidade operativa e minimizar a manutenção preventiva nos primeiros quatro anos após a entrega. A

EB foi contratada pela USN como o estaleiro de planejamento (*planning yard*) para a classe. Nessa função, cabe à EB assistir no apoio durante o ciclo de vida operativa, aí se incluindo a redução dos custos de operação, manutenção, combustível, carga útil, modernizações etc., bem como responder rapidamente a problemas da esquadra e serviços de apoio. Estes abrangem

desde a concepção de alterações até integração, instalação, testes e manutenção da configuração de projeto.

Como estaleiro de planejamento, a EB continua a investigar meios de projetar para redução de custos, mediante reprojeção. Um exemplo foi a substituição da esfera sonar original por uma configuração de hidrofones (*hydrophone array*). O projeto original requeria mil transdutores, com vida útil de 17 anos. Os novos hidrofones são menos caros, e sua vida útil iguala-se à esperada para o submarino (33 anos).

Apesar de suas múltiplas vantagens, o projeto Computer Added Design (CAD)

**Dados os desníveis
tecnológico-industriais e
financeiros entre Austrália,
Reino Unido e Estados
Unidos, parece estranho
que as mesmas lições sobre
programas de submarinos
sejam pertinentes a esses
três países**

dificultou o apoio, pois somente mostra a configuração do casco atualmente em construção. É caro e demorado conseguir do modelo eletrônico informações para apoio que requeiram a configuração de um navio tal como foi construído. Essa é uma limitação a ser superada.

LIÇÕES E REFLEXÕES

A referência [3] enuncia 21 lições técnico-gerenciais e 19 lições estratégicas de alto nível para o conjunto dos programas Ohio, Seawolf e Virginia. Exame atento mostra que as 40 aplicam-se a qualquer um desses três programas. Elas também coincidem com as lições dos programas Astute e Collins. Só existe diferença na intensidade com que cada uma é aplicável a cada programa. Como as 40 lições são praticamente as mesmas que apresentamos e comentamos para os Collins e os Astute nas referências [1] e [2], não há por que repeti-las.

Lições em países desenvolvidos

Dados os desníveis tecnológico-industriais e financeiros entre Austrália, Reino Unido e Estados Unidos, parece estranho que as mesmas lições sobre programas de submarinos sejam pertinentes a esses três países²⁶. Algumas, relativamente óbvias, não foram aplicadas por norte-americanos, líderes em projeto e construção de submari-

nos, nem por britânicos. Ambos certamente as conheciam e haviam praticado. Por que não o fizeram em programas recentes?

Há várias causas para não se aplicarem lições importantes num programa, mesmo sabendo-se dos problemas que possivelmente daí decorrerão. Eis algumas:

1 – Tensões político-militares elevadas, que determinem prioridade máxima para rápida obtenção dos navios de uma nova classe, ou para a adoção de tecnologias ainda imaturas, mas promissoras de vantagens decisivas. Tal foi o caso, por exemplo, do Programa Seawolf.

2 – Mudanças no cenário de ameaças, na estratégia marítima e nas prioridades para destinação de verbas. Aqui se enquadram os programas Seawolf e Astute.

3 – Complexo processo decisório, com a participação de vários setores e níveis hierárquicos governamentais, em que haja conhecimento e experiência em

lições importantes, mas não nos níveis de decisão final. Esta parece ter sido a principal causa dos problemas no Astute.

4 – Mudança radical e rápida no processo e na estrutura técnico-gerencial de obtenção de navios de guerra. O caso mais ilustrativo foi o do Astute.

5 – Otimismo excessivo sobre vantagens da adoção de tecnologias já provadas alhures, mas das quais tem-se conhecimento e experiência própria insuficientes. O caso mais ilustrativo foi o da construção modular no Astute, mas nele também incidiu o Ohio.

**Em países desenvolvidos,
lições importantes
e temporariamente
descartadas ressurgem
e se reaplicam, cessadas
as circunstâncias
extraordinárias que as
eclipsaram**

²⁶ Por seu equilíbrio político-institucional e econômico, consideramos a Austrália como um caso intermediário entre países desenvolvidos e os de desenvolvimento tardio.

6 – Urgência em iniciar-se a construção sem que o projeto de construção esteja suficientemente consolidado. Esta causa de problemas ocorreu em quase todos os programas, exceto no Virginia.

7 – Otimismo excessivo nas previsões iniciais sobre custos e prazos. Nesta causa de problemas incorreram quase todos os programas.

Em países desenvolvidos, lições importantes e temporariamente descartadas ressurtem e se reaplicam, cessadas as circunstâncias extraordinárias que as eclipsaram. Elas voltam à cena, reforçadas por outras resultantes da análise de programas recentes. Isto só é possível porque nesses países os programas se sucedem sem interrupção, e porque existe o hábito civilizado de documentar e analisar técnico-gereencialmente cada programa durante e após seu transcurso, tanto por instituições governamentais como por entidades privadas. Exemplos marcantes desse fato são os programas Virginia, dos EUA; Astute, do Reino Unido; e Collins, da Austrália. Esta ainda não iniciou a obtenção de uma nova classe de submarinos, mas a documentação e análises dos *Collins* certamente estão sendo base para formular-se o novo programa.

Lições em países de desenvolvimento tardio

Em países de desenvolvimento tardio, o quadro é totalmente diverso do descrito

no parágrafo acima. Há dois grupos desses países. No primeiro estão os que reapareham suas forças navais mediante projetos e construções de navios no exterior ou por compras de navios já no meio ou na fase final de suas vidas úteis. Esse reaparelhamento geralmente ocorre após longos períodos, muito depois de os sistemas principais terem descido a baixos níveis de disponibilidade, confiabilidade e eficácia, e de crescerem custos e dificuldades logísticas para sua manutenção. No segundo grupo es-

tão os países de desenvolvimento tardio que tentam ascender além desse estado primário, procurando construir uma base industrial de defesa e até mesmo uma base logística de defesa. [9] e [10]

Para o primeiro grupo, as 40 lições são quase irrelevantes. Para o segundo, são importantes, mas difíceis de aplicar. Neste segundo grupo é que nos deteremos. Nele nos incluímos.

O caso dos países de desenvolvimento tardio que tentam construir uma

base industrial de defesa assim se resume:

1 – O poder militar real de um país depende de uma robusta base industrial nacional de defesa, cuja montagem é obra para décadas e cuja manutenção tem que ser ininterrupta.

2 – É impossível criar e manter uma base industrial de defesa sem um fluxo constante de projetos nacionais de meios bélicos e respectivas construções no país. Projetos estrangeiros inevitavelmente implicam importar quase todos os sistemas

Será difícil superar os obstáculos que se antepõem à missão de construir a defesa nacional indispensável. O primeiro e decisivo passo é estudar o problema realística e profundamente, indo muito além de considerações estratégico-políticas necessárias, mas claramente insuficientes

e equipamentos principais de navios de guerra [10]. Este fato é constantemente subestimado ou ignorado em países de desenvolvimento tardio.

3 – Fluxo constante de projetos e construções de meios bélicos, nunca inferior a um mínimo suficiente, requer provisão contínua de recursos financeiros durante várias décadas, historicamente além da capacidade dos países de desenvolvimento tardio. Portanto, será necessário um forte e constante crescimento econômico nacional, combinado com a percepção da importância econômica e militar de uma base industrial de defesa, para que esta se construa e mantenha.

4 – Mesmo havendo um forte e constante crescimento econômico nacional, sustentado por muitos anos, será indispensável:

a) que a consciência nacional sobre desenvolvimento e defesa evolua muito, até que programas para aparelhamento contínuo das Forças Armadas tenham indispensável

prioridade e sustentação governamental;

b) que no País e nas próprias Forças Armadas se perceba que o projeto nacional de navios de guerra é o único instrumento capaz de estimular e manter uma base industrial de defesa. Sem ele, ela perecerá ou ficará atrofiada.

À vista dos quatro pontos acima, pode parecer que as 40 lições sobre conhecimento e experiência em programas navais sejam irrelevantes para todos os países de desenvolvimento tardio, onde raramente

ou nunca poderiam ser aplicadas. Neles prevalecem historicamente ciclos de atraso crônicos, iniciados sob o título de reaparelhamento e decorrentes de extremas urgências operativas e quase obsolescências. Esses ciclos podem durar 20 anos ou mais. Começam com ponderáveis obtenções de financiamentos e projetos estrangeiros, o que já praticamente exclui qualquer participação significativa de uma base industrial de defesa nacional. Continuam com cons-

truções no exterior e depois no país. Chegam ao ápice com a entrega dos primeiros navios da classe. A partir daí os recursos externos escasseiam ou cessam, e as necessidades logísticas de operação e manutenção se impõem, quase todas dependentes de base industrial de defesa no exterior. Até mesmo verbas em moeda nacional podem escassear. Completando o quadro, as funções logísticas de manutenção são emperradas por legislação não apropriada à sua especificidade.

Consequentemente, durante quase todo o ciclo crônico, os esforços se concentram em obter a máxima disponibilidade e confiabilidade dos navios diante de tantos obstáculos. Pouca ou nenhuma perspectiva resta para constantemente analisar-se o passado recente e o futuro próximo, e daí formular e conduzir uma sucessão de programas navais indispensáveis ao aparelhamento contínuo da Armada, condição *sine qua non* para se aplicarem as 40 lições e criar e manter uma base nacional industrial de defesa.

**Será difícil superar
os obstáculos que se
antepõem à missão de
construir a defesa nacional
indispensável ao nosso país.
Mas não será impossível.
O primeiro e decisivo
passo é estudar o problema
realística e profundamente,
indo muito além de
considerações estratégico-
políticas necessárias, mas
claramente insuficientes**

Será difícil superar os obstáculos que se antepõem à missão de construir a defesa nacional indispensável ao nosso país. Mas não será impossível. O primeiro e decisivo passo é estudar o problema realística e profundamente, indo muito além de considera-

ções estratégico-políticas necessárias, mas claramente insuficientes. A esse primeiro e decisivo passo devem dedicar-se os militares em seus cursos de alto nível, e os civis em centros universitários e industriais. Então, as 40 lições serão de grande proveito.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<ARTES MILITARES>; Pensamento militar; Defesa; Desenvolvimento; Forças Armadas; Indústria Militar; Ciência e Tecnologia;

REFERÊNCIAS

- [1] “A Busca de Grandeza IX (Parte 1) – Conhecimento, Experiência e Programas Navais” – Vice-Almirante (Ref^o-EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 4º trimestre de 2012.
- [2] “A Busca de Grandeza IX (Parte 2) – Conhecimento e Experiência em Programas Navais” – Vice-Almirante (Ref^o-EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 2º trimestre de 2013.
- [3] MG-1128/2 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume II: Lessons from the U. S. Navy Ohio’s, Seawolf and Virginia Submarine Programas Rand Ohio, Seawolf and Virginia – John F. Schank, Cesse IP, Frank W. Lacroix, Robert. E. Murphy – Lee – Rand Corporation – 2011.
- [4] MG-1128/4 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume IV: Lessons from Australia’s Collins Submarine Program – John F. Schank, Cesse IP, Krystin N. Kamarck, Robert. E. Murphy, Mark. V. Arena, Frank W. Lacroix, Gordon. T. Lee – Rand Corporation – 2011.
- [5] *Australia’s Domestic Submarine Design Capabilities – Options for the Future Submarine* – John Birkler et al – Rand Corporation – 2011.
- [6] MG-1128/3 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume III: Lessons from the United Kingdom’s Astute Submarine Program – John F. Schank, Frank W. Lacroix, Robert. E. Murphy, Cesse IP – Lee – Rand Corporation – 2011.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/Concurrentengineering> .
- [8] Base Industrial de Defesa – Eduardo Siqueira Brick – Seminário Sobre Indústria de Defesa – Escola de Comando e Estado Maior do Exército – Março de 2013.
- [9] “A Busca de Grandeza X – Cultura Militar, Desenvolvimento e Defesa” – Vice-Almirante (Ref^o-EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 4º trimestre de 2013.
- [10] “A Busca de Grandeza X – Marinha e Desenvolvimento” – Vice-Almirante (Ref^o-EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 4º trimestre de 2011.



A Família Real não saía sem ela



Ela navegava soberana pela Baía de Guanabara. Viveu dias de glória e pompa. A Família Real não passeava sem ela – a *Galeota Imperial*. Construída em 1808, em Salvador, na época da vinda de D. João VI para o Brasil, esteve em uso até os primeiros governos republicanos.

Modelo sem similar em toda a América, ainda conserva a sua realza. A *Galeota Imperial* foi detalhadamente restaurada para compor o acervo do Espaço Cultural da Marinha.

Av. Alfred Agache, s/nº Centro.

Aberto de terça a domingo, de 12 às 17h. Entrada franca.