

CORVETA CLASSE *TAMANDARÉ**

YURI BARWICK LANNES DE CAMARGO**
Capitão de Fragata (EN)

CARLOS ALEXANDRE DE ARAUJO***
Capitão de Fragata (RM1-EN)

ÁLVARO JOSÉ DE SOUZA NETO****
Capitão-Tenente (EN)

SUMÁRIO

Introdução
Sistemática de Aquisição de Novos Navios por Projeto na MB
Metodologia Tradicional de Projeto de Navios *versus* Novas Metodologias
 Modelo Tradicional: a Espiral de Projeto de Evans
 Engenharia Sequencial *versus* Engenharia Simultânea
O Projeto da Corveta – Motivação e justificativa
 Breve Histórico
 Características Principais
Adoção de Sociedade Classificadora (SC) no Projeto
Gerência de Projetos - Generalidades
 Grupos de Processos
 Gestão do projeto da Corveta
Considerações finais

* N.R.: Título original: Corveta Classe *Tamandaré* da Marinha do Brasil, Classificação da Fase de Projeto Básico de Navios Militares – Lições aprendidas.

** Superintendente Técnico do Centro de Projetos de Navios (CPN). Mestre em Engenharia Elétrica, MBA em Gerenciamento de Projetos.

*** Assessor da Superintendência Técnica do CPN. Mestre em Engenharia de Sistemas pela Universidade Federal Fluminense, mestre em Ciências Oceânicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, especializado em Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD).

**** Chefe do Departamento de Arquitetura Naval do CPN.

INTRODUÇÃO

A obtenção de novos escoltas tem como propósito o incremento do atual número de meios, permitindo a formação de grupos-tarefa, o aumento e a diversificação de suas capacidades para a moderna guerra naval e a substituição planejada dos meios navais em atividade na Marinha do Brasil (MB).

O programa de construção de corvetas da classe *Tamandaré* tem por objetivo contribuir para o aparelhamento e a renovação da Força; o atendimento das necessidades do Poder Naval; a construção naval brasileira, por meio da recuperação da capacidade dos estaleiros nacionais de construir navios militares; e para o incremento do potencial científico, tecnológico e intelectual da Base Industrial de Defesa (BID) brasileira.

Nesse cenário, a corveta classe *Tamandaré* será empregada na proteção às unidades componentes do Corpo Principal das Forças Navais, provendo sua autodefesa, bem como atuará em áreas afastadas, compondo Grupos de Ação de Superfície ou como Unidades de Busca e Ataque a submarinos. Também será empregada na patrulha das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), com ênfase na fiscalização e proteção das atividades econômicas, principalmente a petrolífera e a pesqueira.

Logo, o presente artigo tem como objetivo apresentar o processo de Projeto Básico desenvolvido pelo Centro de Projetos de Navios (CPN) para o desenvolvimento da futura Corveta *Tamandaré* e as experiências oriundas do processo, tanto pela classificação do navio como pela contratação de parceiro da iniciativa privada para desenvolvimento de fases do projeto.

Sistemática de Aquisição de Novos Navios por Projeto na MB

A sistematização dos processos de obtenção de navios na Marinha do Brasil é efetuada pela publicação EMA-420 (BRASIL, 2002). Esta publicação versa sobre processos de obtenção de navios e embarcações de apoio e, em seu Anexo D, apresenta o fluxo de atividades a serem desenvolvidas no processo de obtenção de meios flutuantes a ser executado por fases de Projeto Básico (Concepção, Preliminar e Contrato) e de Projeto Executivo (Detalhamento e Construção).

Segundo essa publicação, o processo de obtenção inicia-se, na fase de Determinação de Necessidades pelo Estado-Maior da Armada (EMA), com a decisão do Comandante da Marinha (CM) em dar curso ao mesmo. Em função dessa decisão, são elaborados dois documentos norteadores do processo de obtenção, associados à capacidade do meio em sanar a necessidade a que originalmente se destina: os Requisitos de Estado-Maior (REM) e os Requisitos de Alto Nível de Sistemas (Rans).

Os REM, elaborados pelo EMA, espelham o desempenho pretendido para o meio, em termos de satisfação da necessidade original. Este documento, consolidado e aprovado, é remetido ao Comando de Operações Navais (CON) para que sejam elaborados os Rans.

Esses requisitos representam aprofundamentos daqueles dos REM, com foco não apenas no desempenho global do meio, mas também no desempenho individual dos diversos subsistemas que comporão o meio (propulsão, geração e distribuição de energia elétrica, comando, comunicação, controle, auxiliares, habitabilidade, sensores e outros). Os Rans são remetidos à Diretoria-Geral de Material da Marinha (DGMM), que os encaminhará

ao CPN para elaboração dos Estudos de Exequibilidade (EE).

Os objetivos básicos dos EE são a demonstração da existência de configurações alternativas de meio que atendam aos Rans e possam ser objeto de continuação do processo de obtenção e a apresentação das características físicas e de desempenho dessas configurações, como forma de subsídio à seleção da configuração por parte de autoridades competentes para tal.

O Relatório dos Estudos de Exequibilidade (REE) elaborado é encaminhado ao EMA, via autoridades do Setor do Material e do Setor Operativo, que, em caso de discordância quanto às conclusões do mesmo, poderão devolvê-lo para novo ciclo de EE.

O EMA, após analisar o REE, o encaminhará ao CM para decisão quanto à continuidade ou não do processo de obtenção e, se decidido pelo prosseguimento, para decisão quanto a qual configuração estudada deverá ser considerada no desenvolvimento do processo. Uma vez definida pelo CM a configuração do navio, será elaborado um Projeto Básico, aprimorando o projeto de engenharia até então desenvolvido no REE, no qual os principais pontos de desempenho do meio serão estudados com maior profundidade, de forma a melhor atender aos Rans.

Esse Projeto Básico será realizado em três fases: Projeto de Concepção, Projeto Preliminar e Projeto de Contrato. Na fase de Concepção serão desenvolvidos os subsistemas do navio (propulsão, geração de energia etc.) e aprimoradas as formas do casco. Nas fases Preliminar e de Contrato serão refinadas as informações dos subsistemas e será elaborada a documentação necessária à contratação da construção (EMA-420) já na fase de Projeto Executivo (Detalhamento e Construção).

Ao fim do Projeto Básico, então, será elaborada uma Especificação de Aquisição

(EA), documento descritivo do Projeto Básico do navio e hábil para obtenção, junto a estaleiros, de uma proposta de construção e materialização do meio, com custos e prazos definidos. Posteriormente, a EA será utilizada como documento de instrução do processo licitatório e como anexo técnico do documento contratual de construção do navio.

METODOLOGIA TRADICIONAL DE PROJETO DE NAVIOS VERSUS NOVAS METODOLOGIAS

Modelo Tradicional: a Espiral de Projeto de Evans

Um navio é um sistema tecnológico complexo, caracterizado pela forte interdependência entre seus subsistemas (formas de casco, estrutura, propulsão, geração e distribuição de energia elétrica, sensores e sistemas de comunicação, sistemas auxiliares, mobiliário e acabamento e, em casos de navios de guerra, sistema de armas).

Entende-se por sistema tecnológico complexo um conjunto formado por diversos elementos constituintes (subsistemas) inter-relacionados e trabalhando juntos, sob um processo de sinergia positiva dentro do sistema. Falar em sinergia positiva implica afirmar que o sistema deve operar sob a ação coordenada entre seus vários elementos constitutivos, de tal modo que o efeito obtido pelo conjunto seja maior que o efeito obtido isoladamente por cada um, na obtenção de um objetivo comum, ou seja, execução da sua missão (ARAUJO, 2005). O desafio do projeto do “sistema navio” seria, então, balancear as alocações, funcionalidades, interfaces e interferências entre seus subsistemas, equipamentos e componentes dentro do *holon*, de forma a atender aos requisitos preestabelecidos no menor custo possível.

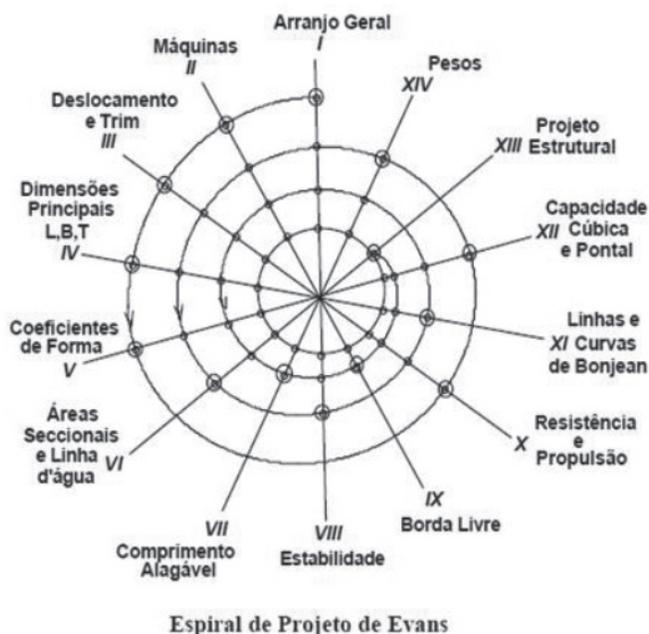


Figura 1 – Espiral de Projeto de Evans (EVANS, 1959)

O método tradicional para projetos de navios é a Espiral de Projeto proposta por Evans (1959). Este modelo evidencia a maneira sequencial e iterativa do desenvolvimento do projeto, enfatizando os inter-relacionamentos dos subsistemas do navio (funcionalidades, alocações, interfaces e interferências) e do aumento do nível de detalhamento à medida que se caminha ao centro da espiral, repetindo o processo até atingir uma solução balanceada que atenda aos requisitos do armador – no caso da MB, os Rans.

No entanto, este modelo sequencial não representa corretamente o processo de projeto utilizado por engenheiros navais na atualidade, especialmente considerando-se a crescente pressão de se reduzir o tempo para o desenvolvimento de um novo navio, a redução nas equipes de projeto e o investimento maciço em programas de computador, que permitem o trabalho em conjunto

no desenvolvimento do projeto, de uma forma colaborativa, em uma base comum de dados.

Complementando, uma das principais falhas desse modelo é que a espiral representa o processo de projeto como linear e sequencial, como se as diversas disciplinas de engenharia e cada subsistema fossem trabalhados de forma controlada e sequencial. Na realidade, as atividades representadas na espiral de projeto dependem de dados de quase todas as demais atividades e fornecem dados para quase todas estas.

Assim sendo, os profissionais envolvidos no projeto devem ter acesso constante a dados calculados ou estimados de cada disciplina de engenharia e subsistemas e devem ter sempre em mente o efeito que os resultados das atividades por eles executadas podem ter impacto nas atividades já executadas ou a serem executadas pelos demais membros da equipe de projeto.

Engenharia Sequencial versus Engenharia Simultânea

Uma visão diferente da espiral de projeto sequencial de Evans (1959) é consolidada também por autores como Mistree *et al.* (1990). Conforme apontam os autores, a Espiral de Evans é válida, mas sua representação não acomoda os conceitos da Engenharia Simultânea. Para isso, uma nova perspectiva é dada utilizando-se um tronco de cone (Figura 2).

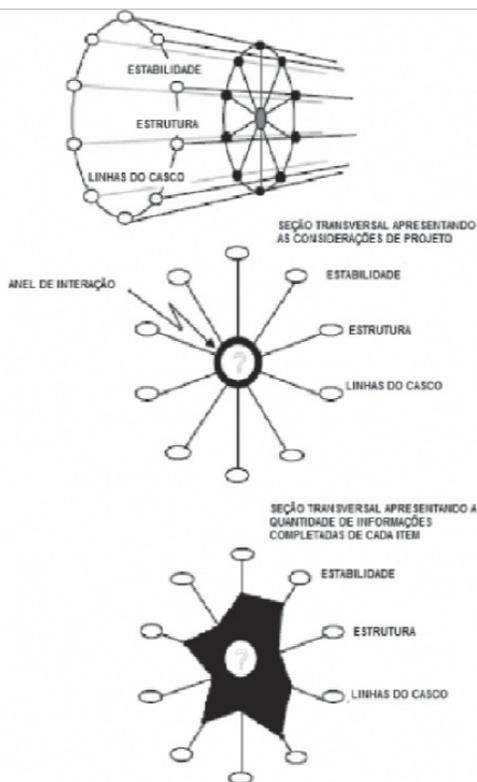


Figura 2 – Representação do projeto pelo tronco de cone. Fonte: Adaptado de Mistree *et al* (1990)

Em cada ponto de uma seção são colocados os parâmetros de projeto (por exemplo, estabilidade, estrutura e linha de casco) e há uma liberdade para definir as interações entre tais elementos, não sendo um processo sequencial.

O anel de interação mostrado na Figura 2, que representa as interações do processo, faz o papel do integrador do processo. À medida que

todos os elementos são considerados, como se tivessem dado uma volta na espiral, o projeto avança em direção à base menor do cone, aprofundando-se no nível de detalhamento dos sistemas.

A Figura 2 ilustra também que cada seção do cone representa uma fase do projeto, e pode haver uma forma irregular que depende dos requisitos deste. À medida que se caminha para a base menor do tronco de cone, a seção tende a adquirir uma forma circular, com todos os estudos definidos.

A quebra de barreiras tecnológicas e o acirramento da competitividade do mercado levaram à busca de novos conhecimentos primordiais para o objetivo de projetar e construir um navio em menor prazo e com maior qualidade. Assim surge o conceito de Engenharia Simultânea (LAMB, 1997). A utilização da Engenharia Simultânea em sistemas complexos é relativamente nova. Na Engenharia Naval, há poucos dados mostrando os principais problemas ocorridos. Lamb (1997) aponta que a indústria naval tem características específicas devido ao produto a ser construído.

Segundo também abordado por PIMENTEL & AUGUSTO (2003), Engenharia Simultânea ou, mais modernamente, Desenvolvimento Integrado de Produto e

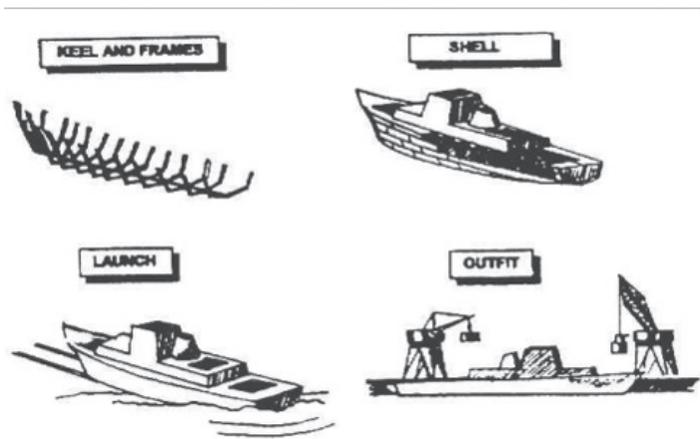


Figura 3 – Processo tradicional de construção (KEANE; TIBBITS, 1996)

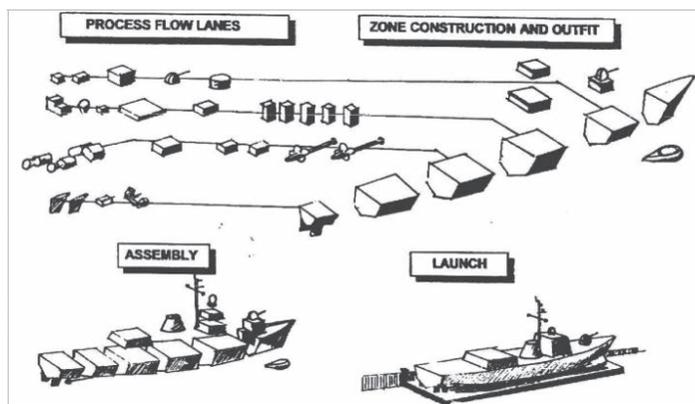


Figura 4 – Processo moderno de “produção” pela Engenharia Simultânea (TIBBITS; KEANE, 1995)

Processo (*Integrated Product and Process Development - IPPD*) é uma filosofia que na verdade envolve mais do que Engenharia. No início o propósito era o projeto simultâneo do produto e dos respectivos processos de manufatura. O objetivo cresceu, passando a incluir todas as etapas do ciclo de vida do produto, desde a sua concepção até a sua retirada de serviço, sua destinação final, após transcorrido seu período de vida

útil (BENNETT & LAMB, 1995 *apud* PIMENTEL & AGUSTO, 2003).

Assim como o *Just-in-Time*, a Engenharia Simultânea é uma filosofia e não uma tecnologia. Engenharia Simultânea usa tecnologia para atingir seus objetivos (BENNETT & LAMB, 1995 *apud* PIMENTEL & AGUSTO, 2003).

O principal objetivo da Engenharia Simultânea, ou Desenvolvimento Integrado de Produto e Processo, é a diminuição do tempo desde o

pedido até a entrega, para um novo produto, com custo mais baixo e maior qualidade. Isso é alcançado por meio do desenvolvimento paralelo, em vez de sequencial, como proposto pela Espiral de Evans, das diferentes etapas que compõem o Projeto do Produto, com o emprego de times ou equipes multidisciplinares (*cross-functional teams*) (BENNETT & LAMB, 1995 *apud* PIMENTEL & AGUSTO, 2003).

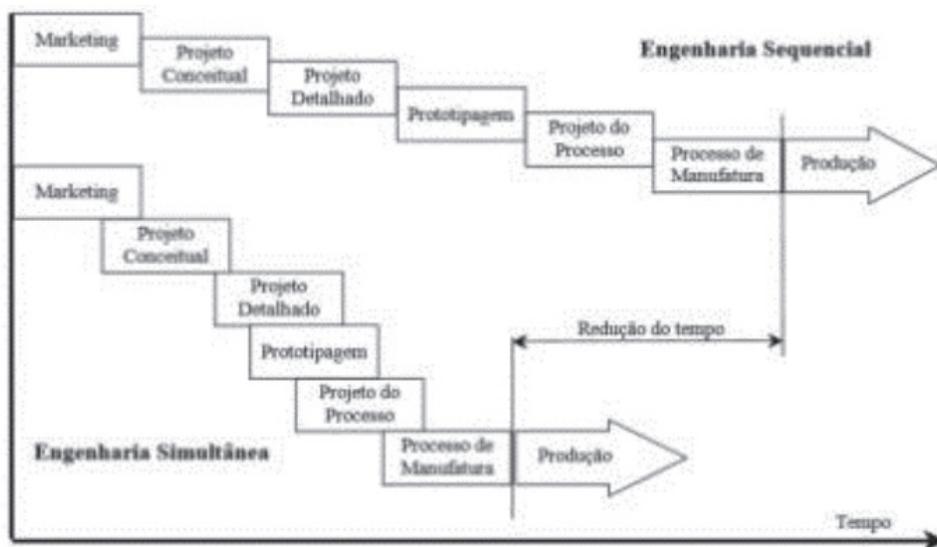


Figura 5 – Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea (OGLIARI, André; BACK, 2011)

O PROJETO DA CORVETA – MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Em janeiro de 2013, a DGMM encaminhou ao CPN os Rans da, à época, designada CV-03, determinando que fossem envidados esforços para a elaboração dos Estudos de Exequibilidade de uma corveta que fosse meramente uma atualização tecnológica da Corveta *Barroso*, com o propósito de permitir o início da construção do meio até o final de 2014. Os Rans estabeleciam que a incorporação do novo meio ocorresse em 2019.

Entretanto, durante os EE foi verificado que diversos equipamentos adotados na Corveta *Barroso* encontravam-se logisticamente obsoletos, como, por exemplo, o canhão de 4,5 polegadas da proa do navio, que não é mais produzido, nem tem um substituto direto. Assim tornou-se necessário conceber um navio que começou a diferenciar-se da *Barroso*, particularmente no sistema de armas, no sistema de propulsão e na tripulação do navio.

O prazo estipulado, aliado à necessidade de desenvolvimento de novos sistemas, levaram o CPN a avaliar a contratação de parceiro para desenvolvimento do projeto. Levando-se em conta o tempo decorrido desde o último projeto de navio de guerra no porte de uma corveta, havia a necessidade de qualificar o corpo técnico do CPN com o apoio de empresa que já tivesse participado de projeto semelhante. Assim, este requisito foi colocado no processo licitatório de modo a garantir o fornecimento desta *expertise* e, ao mesmo tempo, permitir a troca de experiências entre as duas equipes.

Breve Histórico

Os Rans foram entregues ao CPN em janeiro de 2013, quando se iniciaram os Estudos de Exequibilidade. A proposta inicial era que a CV-03 fosse concebida a partir da modernização da CV-02 (Corveta *Barroso*), mantendo-se o mesmo casco, mas com o acréscimo ou ampliação de sistemas, equipamentos mais modernos e maior conforto para a tripulação.

Mesmo com alguns requisitos atendidos parcialmente, ou não atendidos, o CPN considerou o projeto exequível, com base nos mesmos critérios adotados para o projeto da

**Equipamentos adotados
na Corveta *Barroso*
encontravam-se
logicamente obsoletos,
como, por exemplo, o
canhão de 4,5 polegadas da
proa do navio**

Corveta *Barroso*. Vale salientar que essa exequibilidade obtida não foi baseada em nenhuma regra de Sociedade Classificadora (SC), nem sendo prevista esta necessidade nos processos de obtenção do EMA-420.

Aprovado o Relatório dos EE (REE) sob essas condições, coube

ao CPN o desenvolvimento do Projeto de Concepção, que foi iniciado em agosto de 2013 e concluído em março de 2014, tendo esse projeto sido, posteriormente, entregue à empresa Vard Niterói S.A. A essa empresa, selecionada mediante processo licitatório, coube o serviço de desenvolvimento das fases Preliminar e de Contrato, em prazo de 12 meses a partir da data de contratação.

O contrato celebrado em 26 de março de 2014 previu, entre outras disposições, a certificação dos documentos produzidos, por uma Sociedade Classificadora de renome e com regras para navios militares, procedimento este não previsto no EMA-420, porém adotado como condicionante fundamental do desenvolvimento do projeto.

Conforme também previsto no contrato de prestação de serviços firmado entre o CPN e a empresa Vard, a contratada apresentou a sociedade italiana para classificação de navios militares Rina (*Registro Italiano Navale*), com sua norma Rinamil 2011 (*Regolamento per la Classificazione di Navi Militari*), como Sociedade Classificadora do projeto, o que foi aceito pelo CPN.

Nesse diapasão, foi estabelecido um consenso entre as partes CPN/Vard de que todas as fases de projeto da CV-03 deveriam ser baseadas nos requisitos estabelecidos nos Rans e na citada Norma de Projeto e demais normas de projeto aceitas pelo CPN. Tal fato representou um marco inédito no projeto de navios militares pela Marinha do Brasil, no sentido de que a adoção dos critérios estabelecidos pela Rinamil traria qualidade, segurança e diversos outros benefícios ao projeto.

No entanto, a adoção da norma Rinamil 2011 modificaria o projeto do navio até então desenvolvido, de tal forma que tornaria a proposta original inexecutável (navio baseado na Corveta *Barroso*).

Concomitantemente, a adoção da referida norma não permitiu, em nenhuma configuração, manter-se a exequibilidade de projeto para uma tripulação de 185 ho-



Figura 6 – Corveta classe *Barroso*
(Fonte: www.ebc.com.br)

mens. Portanto, modificações nos requisitos, como redução da tripulação e aumento do nível de automação do navio, deveriam ser aplicadas em conjunto com as regras para classificação.

Dessa forma, a alta administração naval, assessorada por grupos de trabalho dos setores de pessoal, material e operações da MB, reavaliou a quantidade de tripulantes da futura corveta (CV-03), visando também reduzir os custos de posse do navio. Nessa reavaliação, considerou-se

o grau de automatismo e a manutenção planejada da CV-03, que deverá operar considerando uma vida útil de, pelo menos, 25 anos. Esta avaliação evidenciou que a tripulação de 185 militares era excessiva para o navio.

Aproveitando a redução da tripulação, foi possível o enquadramento da CV-03 na norma Rinamil 2011, que exigiu que o Projeto

O projeto que originalmente se apresentou como uma modernização da corveta classe *Barroso* foi ganhando características próprias até se tornar único

de Concepção do navio obedecesse a critérios muito mais rigorosos que os estabelecidos para a *Barroso*, navio de referência de projeto, dentre os quais pode-se destacar os principais:

1) O navio deveria atender ao estabelecido pela Marpol (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios), não previsto no projeto da *Barroso*. Com isso, a CV-03 não poderia utilizar o sistema de Tanques Compensados de Combustível (com mistura de combustível e água), análogo ao existente na Corveta *Barroso* para garantia de sua estabilidade. A solução apresentada pela empresa Vard baseou-se no uso do sistema de tanques de lastro com água limpa, de tal forma que a CV-03 atendesse, simultaneamente, aos Rans (*performance* hidrodinâmica), à Rinamil 2011 e à Marpol.

2) O navio deveria atender ao critério de compartimentagem da embarcação e de segurança da tripulação definidos pela Rinamil 2011, mais rigorosos que os estabelecidos no projeto da *Barroso*. Com isso, o Arranjo Geral e o Plano de Capacidades desenvolvidos pelo CPN deveriam sofrer profundas alterações.

3) O navio deveria atender a critérios de estabilidade intacta e em avaria definidos pela Rinamil 2011, mais rigorosos que os estabelecidos no projeto da *Barroso*. Isso implicou um controle de pesos e centros com margens de projeto muito mais rigorosas que as estabelecidas pelo CPN com base na Corveta *Barroso*.

4) Todos os demais requisitos deveriam continuar sendo atendidos, principalmente os que tratam da *performance* hidrodinâmica do navio.

Entre as principais adequações de projeto estavam o uso do sistema de tanques de lastro com água limpa no lugar de tanques compensados e modificações nas formas do casco para atender a critérios de estabilidade, sem deixar de atender aos requisitos de velocidade do navio.

As modificações no casco levaram à necessidade de novos ensaios de resistência em tanques de prova, que foram realizados no laboratório Force Technology, na Dinamarca, em janeiro de 2015.

Desta forma, o projeto que originalmente se apresentou como uma modernização da corveta classe *Barroso* foi ganhando características próprias até se tornar único e ser denominado Projeto da Corveta Classe *Tamandaré* (CCT).

Após revisões sucessivas, alterações e adequações dos documentos produzidos, o Projeto Preliminar classificado pela Rina foi considerado entregue pela Vard em dezembro de 2015.

Características Principais

Ao final da Fase Preliminar de projeto, o CV-03 apresenta as seguintes características principais:

Tabela 1- Resumo das características principais da futura Corveta *Tamandaré*.

Dimensões	
Comprimento Total	101,40 m
Comprimento de Linha d'água	94,20 m
Boca Máxima	12,90 m
Boca Moldada (linha d'água)	12,06 m
Calado (Carregado)	4,25 m
Calado (Mínimo Operacional)	4,12 m
Deslocamento	
Deslocamento Máximo	2.790 t
Deslocamento Leve	2.267 t
Velocidades	
Velocidade Máxima Contínua (*)	25 nós
Velocidade de Cruzeiro	12 nós
(*) <i>Esta velocidade deve ser atingida para três meses sem descalcificação mecânica em condições de casco sujo, estado do mar 3 (escala Douglas) e para o deslocamento carregado.</i>	

Propulsão	
Codad (<i>Combined Diesel and Diesel</i> , com quatro MCP – Motores de Combustão Principais)	
Raio de Ação	
A 12 nós (VC)	4.000 MN
Autonomia	
Provisões	28 dias
Aguada	10 dias
Tripulação	
Oficiais	17 + 9
Suboficiais e Sargentos	42 + 4
Cabos e Marinheiros	57 + 7
TOTAL	116 + 20 = 136
Capacidade de armazenamento	
Óleo diesel	247 t
Óleo Lubrificante	29 t
Combustível de Aviação (JP-5)	45 t
Aguada	104 t
Lastro	101 t

Armamento	
1 canhão 40mm (baixo calibre)	
1 canhão de 76mm (médio calibre)	
2 lançadores de foguete Chaff	
2 lançadores de torpedos	
2 lançadores verticais de Míssil Superfície	
Ar na proa	
2 lançadores duplos de MSS (Míssil Superfície-Superfície)	
2 metralhadoras de 12.7 mm	
Sensores	
2 alças optrônicas	
1 equipamento Mage	
1 <i>transponder</i> IFF (<i>Identification, Friend or Foe</i>)	
1 radar 3 (banda S)	
2 radares de superfície (banda X e banda S)	
1 radar direção de tiro na base do mastro	
1 Sistema de Controle Tático (Siconta)	
1 sonar, protegido por um domo	

Figura 7 – A nova Corveta Classe *Tamandaré*

Outrossim, a Corveta Classe *Tamandaré* recebeu as seguintes notações de classe:

Categoria: *Military / Second Line Ship*;

Serviço: *Corvette*;

Navegação: *Unrestricted Navigation*;

Meio Ambiente: Marpol; e

Automação (Máquinas): AUT-QAS; e

Comportamento: Seakeep.

Em relação ao projeto original da Corveta *Barroso*, o projeto da Corveta Classe *Tamandaré* obteve muitos ganhos e diferenças, que podem ser resumidos a seguir:

- Adoção de regras de Sociedade Classificadora Internacional (prevista no contrato com a Vard) para desenvolvimento do Projeto Básico e classificação dos principais planos de contrato. Esta filosofia foi adotada de forma inédita no projeto da CV-03.

- Mudança significativa das geometrias da superestrutura e do mastro, visando à redução da seção reta radar (*Radar Cross Section - RCS*). Com isso, procurou-se melhorar a assinatura radar do navio em relação à CV-02.

- Aumento do pontal ao longo da proa, com a inclusão de um convés (prolongamento do convés 01), mantendo-se a borda livre no bico de proa. Isto representou um ganho de volumes internos no navio na proa, com maior disponibilidade de espaços para o arranjo geral.

- Eliminação do tosamento e do abaulamento na proa da embarcação (convés 01). Com a retirada do tosamento, as manobras marinheiras na proa foram melhoradas (convés plano), bem como o arranjo estrutural, com o fim da descontinuidade estrutural na transição do tosamento com o convés plano.

- Prolongamento do convés de voo (convoo) até a extremidade de ré da embarcação.

- Aumento da boca da embarcação para melhoria de estabilidade e comportamento no mar.

- Otimização das formas do casco na proa e na popa, melhorando a *performance* hidrodinâmica.

- Inclusão de duas lanchas orgânicas militarizadas do tipo ETRH (Embarcações Rápidas de Casco Rígido) e eliminação do tanque de combustível compensado, atendendo às exigências da Marpol e da classificadora Rina.

- Inclusão de tanques de lastro para melhor controle da estabilidade, incluindo banda e trim.

- Inclusão de dois lançadores de mísseis verticais superfície-ar na proa, com capacidade para quatro mísseis cada um.

- Modificação da planta propulsora de Codog (*Combined Diesel or Gas*) para Codad (*Combined Diesel and Diesel*), composta por duas linhas de eixo, dois hélices de passo controlável e quatro motores diesel.

- Aumento da capacidade de aguada, melhorando o conforto da tripulação.

- Subdivisão do casco em anteparas estanques transversais, garantindo a fluidez perante alagamento de dois compartimentos adjacentes quaisquer.

- Modificações no arranjo geral, visando à melhoria de conforto nas acomodações, segregação de áreas por níveis hierárquicos, circulação eficiente de pessoal, distribuição de compartimentos de acordo com a funcionalidade e segurança da tripulação.

- Adoção de um Arranjo Geral Verticalizado, sem circulação horizontal entre compartimentos estanques.

- Adoção de camarotes com banheiros privativos para oficiais, suboficiais e sargentos e alojamentos com banheiros adjacentes para cabos e marinheiros.

- Adoção de um camarote para dois oficiais femininos.

- Adoção de corredor central largo, no convés principal, facilitando escape e circulação no caso de sinistro e aumentando a acessibilidade;

- Adoção de um paiol de munição central e de paióis de pronto uso nas proximidades dos lançadores.

- Adoção de perfis leves do tipo bulbo e do aço naval AH36, mais eficiente que o A36, proporcionando uma estrutura com maior resistência e menor peso.

A eliminação do tosamento dos conveses sobre a região da proa permitiu uma uniformização do pé direito entre os conveses e um melhor aproveitamento dos volumes e áreas nesta região. Com o prolongamento do convés 01 em direção à proa da embarcação, foram criados novos espaços internos, facilitando o arranjo do navio.

A extensão do convés de voo em direção à extremidade de ré permitiu que a superestrutura de ré, contendo o hangar, pudesse ser deslocada nesta direção, mantendo-se a área necessária para a operação segura de aeronaves do porte de um helicóptero do tipo Super Lynx. Possibilitou também a criação de espaços necessários à acomodação de lançadores verticais de mísseis e facilidades para o apoio à aeronave embarcada.

O aumento da boca na linha d'água possibilitou um ganho de estabilidade e permitiu que os critérios da Sociedade Classificadora fossem atendidos. Estudos e avaliações de engenharia da atual fase de projeto demonstram que não houve degradação na *performance* hidrodinâmica, pois a mudança foi acompanhada de um aprimoramento nas linhas de proa e popa para redução do arrasto.

O aumento do pontal ao longo da proa com o prolongamento do convés 01 foi necessário para permitir um Arranjo Geral que atendesse aos Rans e à Rinamil e trouxesse maior conforto para tripulação.

Os principais apêndices do casco são as bolinas, os estabilizadores ativos, as linhas de eixo, propulsores, pés de galinha, lemes

e o domo do sonar. A partir dos ensaios hidrodinâmicos em tanque de prova, os apêndices foram posicionados e alinhados conforme as linhas de fluxo do casco, de forma a minimizar a resistência para deslocamento do casco no mar.

O hélice foi aprimorado pela Vard, a partir de dados obtidos nos ensaios em tanques. Buscou-se maximizar a eficiência na velocidade de cruzeiro e minimizar a ocorrência de cavitação de acordo com o perfil de operação do navio.

O Arranjo Geral do navio permite acessos com dimensões suficientes para garantir a segurança e a boa circulação nos conveses e entre os mesmos, além de dividir os compartimentos de acordo com suas funcionalidades e a doutrina da MB. O nível de segurança e ergonomia proporciona à tripulação, condições adequadas para execução de todos os serviços a bordo.

Foram realizadas simulações computacionais pela Vard e experimentais pelo laboratório Force, para verificação do comportamento no mar e manobrabilidade da corveta.

Os ensaios de manobra mostraram que a corveta tem uma ótima capacidade de se manter estável em um rumo e numa determinada trajetória.

ADOÇÃO DE SOCIEDADE CLASSIFICADORA NO PROJETO

As Sociedades Classificadoras são organizações que estabelecem e aplicam, padrões técnicos relativos ao projeto, construção e inspeção dos sistemas e equipamentos navais. A maioria dos navios de guerra é projetada e construída sob propostas competitivas e tem que operar em um mundo que exige altos padrões de segurança para a tripulação e de conformidade ambiental. Portanto, a adoção da Sociedade Classificadora no projeto e na construção dos novos navios militares é uma tendência mundial.

A classificação emitida por uma terceira instituição independente é uma demonstração pública da qualidade, segurança e prevenção ambiental na política adotada pela Marinha na obtenção de seus navios. A principal vantagem é a economia de tempo e dinheiro ao se utilizar da experiência acumulada de anos de construção naval e de exploração incorporadas às regras da sociedade.

A experiência que o CPN vivenciou na aplicação das regras da Rina para o projeto da Corveta *Tamandaré* foi bastante positiva. Desde então, todos os navios projetados por este centro passaram a seguir regras de alguma SC, o que não obriga a MB a buscar a classificação das embarcações no futuro, mas garante projetos no mais atual estado da arte da engenharia naval militar.

GERÊNCIA DE PROJETOS - GENERALIDADES

Segundo o Project Management Body of Knowledge – PMBOK (2000, p.6), Gerência de Projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para projetar atividades que visem atingir os requisitos do projeto. Maurini (2005, p.39) sintetiza a Gestão de Projetos como a aplicação de um corpo de conhecimentos específicos à administração de um projeto com os objetivos de fazê-lo acontecer e garantir o desenvolvimento do produto do projeto dentro das especificações e das condições de contorno estabelecidas. Slack *et al* (2002, p.541) define gerenciamento de projeto como o processo de administrar as atividades dentro do projeto, planejando o trabalho, executando-o e coordenando a contribuição da equipe e organizações que possuem interesse no projeto.

O corpo de conhecimentos da gestão de projetos engloba conhecimentos da administração geral e da própria área de aplicação (PMBOK). Os conhecimentos relacionados à administração geral são aqueles comuns a

diversas empresas, tais como planejamento financeiro e técnicas de planejamento. Com relação à área de aplicação, são os conhecimentos específicos à área, que foram desenvolvidos ao longo dos anos ou que têm aplicação somente naquela área. Este corpo de conhecimentos deve ser adaptado para cada empresa, de forma a modelar a sua própria metodologia de gestão. Assim como não há uma fórmula para metodologia dos processos orientados ao produto, não há uma fórmula para metodologia de gestão de projeto.

Maurini (2005, p.41) define metodologia de Gestão de Projeto como uma coletânea de procedimentos, critérios, regras e padrões, coerente com o método de elaboração progressiva, que ordena e dá sentido de aplicação ao corpo de conhecimentos que constitui a Gestão de Projetos.

A Gestão de Projetos tem tido grande desenvolvimento desde 1990 e está sendo aplicada em várias indústrias. O gerenciamento do projeto de acordo com o apresentado no PMBOK (2000) vem sendo empregado na Engenharia Naval conforme explicita Cueva *et al* (2004).

Grupos de Processos

O PMBOK aponta que o Gerenciamento do Projeto é executado por meio do uso de grupos de processos de iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento.

1) Iniciação: autorizar o início do projeto ou fase.

2) Planejamento: definir e refinar os objetivos e selecionar a melhor das alternativas de ação para alcançar os objetivos que o projeto estiver comprometido em atender.

3) Execução: coordenar pessoas e outros recursos para realizar o plano.

4) Controle: assegurar que os objetivos do projeto estão sendo atingidos, por meio da monitoração regular do seu progresso para identificar variações do plano e de

ações corretivas que devem ser tomadas quando necessárias.

5) Encerramento: formalizar a aceitação do projeto ou da fase e encerrá-lo de forma organizada.

Estes grupos de processos interagem durante todo o desenvolvimento do projeto. O conjunto inter-relacionado destes processos é executado inúmeras vezes, tanto para as atividades relacionadas com os processos ligados ao produto quanto àquelas referentes à gerência do projeto e a diversos níveis.

Gestão do projeto da Corveta

Com base no PMBOK (2010), definiu-se no CPN as gerências necessárias para o gerenciamento do projeto da Corveta *Tamandaré*: Integração, Escopo, Prazo, Custo, Qualidade, Comunicações, Recursos Humanos, Aquisições e Riscos.

Estas gerências foram responsáveis por planejamento, execução, controle e encerramento dentro de suas respectivas áreas, além de terem que agir de forma integrada para o desenvolvimento do produto Corveta *Tamandaré*.

1) Gerência da Integração do Projeto

Muitos processos dentro da gerência de projeto da Corveta *Tamandaré* foram naturalmente iterativos e exigiram um esforço iterativo – uma ação, ou a falta de ação, em uma área geralmente afetava outras áreas. Isto é devido à existência e à necessidade da elaboração progressiva do projeto durante o seu ciclo de vida e às interações envolvidas no processo que necessitam de uma abordagem repetitiva. O papel da gerência de integração, neste caso, foi o de integrar as diversas áreas de projeto conflitantes entre si, bem como cumprir requisitos também conflitantes em cada ciclo, conforme preconizado pelos princípios da Engenharia Concorrente (*Concurrent Engineering*).

Nesse processo de interação, foi adotado o modelo de arquitetura sistêmica baseado na codificação SWBS (*Ship Work Breakdowns Structure* – Estrutura Analítica de Projeto para Navios).

Foram os seguintes SWBS adotados na hierarquização do projeto dentro do CPN-20 – Superintendência Técnica:

a) CPN-21 – Departamento de Arquitetura: SWBS 600 – Acessórios do Casco e Acabamento + SWBS 800 – Integração e Engenharia;

b) CPN-22 – Departamento de Estruturas: SWBS 100 – Estruturas;

c) CPN-23 – Departamento de Propulsão e Auxiliares: SWBS 200 – Propulsão + SWBS 500 – Sistemas Auxiliares;

d) CPN-24 – Departamento de Sistemas Elétricos: SWBS 300 – Elétrica; e

e) CPN-25 – Departamento de Automação e Controle: SWBS 400 - Combate, Navegação e Comunicação + SWBS 700 – Armamento.

2) Gerência do Escopo do Projeto

Foram desenvolvidos os processos necessários para assegurar que o projeto contemple todo o trabalho requerido, e nada mais que o trabalho requerido para completar o projeto com sucesso. Essa gerência foi composta pela iniciação do projeto, planejamento do escopo do projeto, detalhamento do escopo do Projeto Básico, verificação do escopo e controle de mudanças que ocorreram no escopo, como a redução da tripulação e formulação da Solução de Compromisso.

3) Gerência dos Prazos do Projeto

O contrato celebrado com a empresa Vard Niterói previa a realização da fase de projeto preliminar em quatro meses e a fase de projeto de contrato em cinco meses, havendo uma sobreposição de um mês ao término da primeira fase e início da segunda. Durante sua realização, ocorreram

reuniões mensais de coordenação técnica e troca de informações técnicas por meio de servidor de arquivos e troca de correspondências eletrônicas.

4) Gerência dos Custos do Projeto

O cumprimento do preconizado pela Lei 8.666/90 – Lei de Licitações – impôs ao agente público a obrigatoriedade de elaboração de projeto básico quando da contratação de serviços, principalmente de engenharia. Além disso, elaborou-se um Cronograma Físico-Financeiro de tal forma que atendesse às boas práticas de gerenciamento do projeto da corveta, estabelecendo-se o escopo e o tempo de execução do projeto no prazo estabelecido em contrato, bem como seu acompanhamento ao longo do desenvolvimento das Fase de Projeto Básico (Preliminar e Contrato).

O orçamento de referência, também obrigatório, estabeleceu que os pagamentos dos custos inerentes à contratada deveriam estar aliados aos critérios de aceitação dos serviços e qualidade prestada. Além destes critérios de aceitação, a classificação da documentação de projeto pela Rina garantiu a fiscalização, por uma terceira parte, de todas as entregas do projeto.

5) Gerência da Qualidade do Projeto

Foram desenvolvidos os processos necessários para assegurar que as necessidades que originaram o desenvolvimento do projeto serão satisfeitas de forma otimizada, ou seja, se os Rans foram atendidos para o navio com *performance* hidrostática (estabilidade) e hidrodinâmica (velocidade). Esta gerência foi composta pelo planejamento da qualidade, garantia da qualidade e controle da qualidade.

6) Gerência das Comunicações do Projeto

O Plano de Comunicação desenvolvido para o projeto consistiu da formalização

das entregas, das reuniões e suas Atas, da determinação do trâmite dos documentos e suas revisões. Todas as questões administrativas foram tratadas formalmente por força da legislação.

A estrutura matricial adotada para execução das atividades técnicas permitiu também a troca de informações entre os responsáveis pelas disciplinas de projeto, tanto do CPN quanto da Vard. Esta estrutura permitiu também a coordenação destes recursos, propiciando o gerenciamento dos recursos humanos envolvidos.

7) Gerência dos Recursos Humanos do Projeto

Foram desenvolvidos os processos necessários para proporcionar a melhor utilização das pessoas envolvidas no projeto. Esta gerência foi composta pelo planejamento organizacional baseado na estrutura SWBS, montagem da equipe e desenvolvimento da equipe. Cada profissional alocado em sua respectiva equipe tinha a formação inerente ao seu SWBS.

8) Gerência das Aquisições do Projeto

Foram desenvolvidos os processos necessários para a aquisição de serviços não previstos no contrato, tanto pela redução da tripulação como pela otimização das formas do casco em tanques de prova.

Aquisições necessárias foram passadas para a contratada Vard, liberando a equipe do CPN para as demais atividades eminentemente técnicas de projeto. Esta gerência também foi responsável pelo encerramento burocrático do contrato.

9) Gerência dos Riscos do Projeto

Foram desenvolvidos os processos necessários para a identificação, análise e resposta a riscos do projeto. Esta gerência foi responsável também pela identificação e quantificação dos riscos, e pelo desen-

volvimento e controle das respostas aos riscos. Um dos grandes riscos identificados no projeto foi o excesso de número de tripulantes e a não-aceitabilidade, pela Rina/Marpol, da existência de tanques de combustível compensados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto da Corveta *Tamandaré*, sem dúvida, está sendo um marco para o processo de obtenção de navios da MB. Ele traz como legado o enriquecimento técnico e organizacional do CPN, cuja principal missão é a execução de projetos básicos de navios militares.

A adoção de Sociedade Classificadora agregou grande valor ao projeto da corveta e marcou uma mudança de doutrina nos projetos executados pelo CPN, que agora

segue uma tendência mundial, buscando projetar belonaves seguras, eficientes e que respeitem as legislações ambientais.

A participação do setor operativo durante o projeto foi importante não só na definição e reformulação dos requisitos, mas também na transmissão de informações sobre a operacionalidade da Corveta

Barroso, que permitiu a implementação de melhorias no projeto dessa terceira geração de corvetas.

O processo de obtenção prossegue com a Diretoria de Engenharia Naval (DEN), que prepara uma licitação.

O projeto já foi apresentado, pela DGMM, ao Estado-

-Maior da Armada e ao Comandante da Marinha, que autorizou a continuação do processo, fazendo dele a prioridade número 1 da Marinha.

O projeto já foi apresentado, pela DGMM, ao Estado-Maior da Armada e ao Comandante da Marinha, que autorizou a continuação do processo, fazendo dele a prioridade número 1 da Marinha

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<FORÇAS ARMADAS>; Corveta; Construção naval;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, C. A. Metodologia de Engenharia de Sistemas Aplicada ao Projeto de Sistemas Técnicos. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre. Aérea de Concentração: Sistemas, Apoio à Decisão e Logística. Julho, 2005, 158p.
- CUEVA, M., CUEVA, D., NISHIMOTO, K. (2004). Metodologia de Gerenciamento do Projeto MonoBR. XX Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore. Sobena, Rio de Janeiro.
- EMA-420 - Normas para Logística de Material na MB.
- EVANS, J. H. - Basic Design Concepts. A.S.N.E. Journal. American Society of Naval Engineers. Novembro de 1959, pp. 673-678.

- LAMB, T. (1997) - CE or Not CE – That is The Question. Proceedings of Ship Production Symposium, New Orleans, Louisiana.
- KEANE, R. G.; TIBBITS, B. A revolution in warship design: navy-industry integrated product teams. Journal of Ship Production, v. 12, n.4, p. 254-268, nov. 1996.
- MAURINI, E. B. (2005). *Análise Metodológica da Gestão de Projetos na Indústria Naval Fluminense*. 158 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia de Produção). Universidade Federal Fluminense.
- MISTREE, F., SMITH, W. F., BRAS, B., ALLEN, J. K. and MUSTER, D., *Decision-Based Design: A Contemporary Paradigm for Ship Design*. Transactions, Society of Naval Architects and Marine Engineers, vol. 98, pp. 565-597, 1990.
- NISHIMOTO, Kasuo. SAMPAIO, Cláudio Müller. Curso Petrobrás: Projeto Básico de Sistemas Flutuantes. EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995).
- OGLIARI, André; BACK, Nelson. Desenvolvimento do Produto: Engenharia Simultânea. Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos. Universidade Federal de Santa Catarina- Departamento de Engenharia Mecânica: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica 2001.
- PIMENTEL, C. L.; AUGUSTO, O. B. Engenharia Simultânea e sua Aplicação na Indústria Naval. Diretoria de Engenharia Naval, DEN, MB. Brasil; Dep. de Engenharia Naval e Oceânica, EPUSP, USP. Brasil (2003).
- PMBOK (2000). A Guide to the Project Management. Body of Knowledge. PMBOK® Guide. 2000 Edition. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMBOK® Guide - 2000 Edition.
- Rinamil (“Regolamento per la Classificazione di Navi Militari”). Rina (“Registro Italiano Navale”), 2011.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. (2002). *Administração da Produção*. Tradução Maria C. Oliveira e Fábio Alher. 2ª ed. São Paulo: Atlas.
- TIBBITS, B; KEANE, R. G. *Making design everybody’s job*. Naval Engineers Journal, v. 107, p. 283-301, maio, 1995.