



# O Periscópio

Ano XLIII . Nº 59 . 2005



ISSN 1806-5643



9 771806 564003





A Força de Submarinos acredita ser possível melhorar sempre. Tal crença pode ter por estímulo o sonho de um porvir cada vez melhor e o ideário do eterno aperfeiçoamento de nossa capacitação mas, certamente, tem por base a perseverança e o esforço diuturno para superar as dificuldades, além da dedicação incansável dispensada ao nosso aprimoramento profissional.

A presente publicação, editada pelo Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché, constituiu-se em incentivo ao conhecimento e ao debate de idéias necessários à busca da qualificação requerida a um marinheiro submarinista.

Por seu intermédio, procura-se divulgar as atividades inerentes à Força de Submarinos e incentivar antigos e novos leitores. Em sua quinquagésima nona edição, a revista "O Periscópio" ressalta dois eventos marcantes para a Força de Submarinos: a bem sucedida Operação SARSUB, com o feito inédito de realizar o resgate de um tripulante de um submarino sinistrado; e o lançamento do Submarino Tikuna, projeto de repercussão nacional, que incorpora diversas tecnologias, com impactos positivos e relevantes não só para a construção naval como para o Setor Operativo.

Uma vez mais, os artigos aqui reunidos representam um mostruário dos principais temas e aspectos relevantes da atividade submarina, permanecendo "O Periscópio" com o espaço aberto a todos aqueles que queiram contribuir para manter vivo o estímulo pelo conhecimento.

Agradeço, portanto, a ilustre participação dos colaboradores deste fascículo, sem a qual não conseguiríamos completar a nobre missão de levar ao nosso público leitor novo acervo de conhecimento, e de divulgar algumas atividades desenvolvidas na nossa Força de Submarinos.

Boa Leitura!

Terenilton Sousa Santos  
Contra-Almirante  
Comandante



## O Periscópio

Revista anual da Força de Submarinos editada pelo Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché.

### Correspondência:

Ilha de Mocanguê Grande, s/n - Niterói  
Rio de Janeiro - CEP 24040-400  
secom@ciama.mar.mil.br

TERENILTON SOUSA SANTOS

Contra-Almirante

Comandante da Força de Submarinos

AFRÂNIO DE PAIVA MOREIRA JUNIOR

Capitão-de-Mar-e-Guerra

Comandante do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché

MANOEL LUIZ PAVÃO BARROSO

Capitão-de-Corveta

Editor

### Apoio Editorial

1ºSG-MA-SB JORGE JOSÉ PEREIRA

2ºSG-MA-SB WILSON XAVIER DA SILVA NETTO

CB-CN FABIANO CÂMARA DE SOUZA

### Arte Final e Produção Gráfica

LUCIA MOREIRA

(luciahmoreira@yahoo.com)

MÁRCIO MAGNO DE FARIAS FRANCO E SILVA

Capitão-de-Fragata

Revisor

### Capa

Foto: CC Barroso.

Lançamento de Mergulhadores de Combate pelo Submarino Tamoio.

### Impressão

MCE Gráfica e Editora

As opiniões e fatos descritos nos artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e podem não coincidir com a opinião dos editores desta revista.

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA

## Nesta Edição



## O Periscópio

Ano XLIII . Nº 59 . 2005 . ISSN 1806-5643

[http:// www.ciama.mar.mil.br](http://www.ciama.mar.mil.br)

## SUMÁRIO

### AULA INAUGURAL DO CASO 2005 ..... 5

#### História

O Pára-quedaismo e a Força de Submarinos ..... 36

Ataques submarinos alemães nas águas do Continente Americano ..... 82



#### Tecnologia

Inovações no Sistema de Propulsão ..... 14

Faina de Load-In - Submarino Timbira ..... 25

Submarino Classe 212 ..... 27

Uma Breve Visão de Futuro das Ações de Submarinos: Naves Submarinas de Alta Velocidade e Torpedos Supercavitantes ..... 32

Sistemas de Combate para submarinos - uma perspectiva do operador ..... 38

Submarino Tikuna ..... 42

#### Eventos da Força de Submarinos

Força de Submarinos realiza durante Operação SARSUB/2004, primeiro resgate na história da M.B ... 30

Estágio de Qualificação para futuros Comandantes de Submarinos - 2005 ..... 72



#### Outras especialidades

A diminuição das fontes de Hélio aumenta a preocupação sobre custos e recuperação ..... 44

TUP - Transfer Under Pressure ..... 54

Na preparação para a guerra junto aos "US NAVY SEALS" ..... 78

#### E mais

A prática de Offset e a Marinha do Brasil ..... 10

Síntese de Doutrina de Segurança para Projeto e Operação de Submarinos Nucleares ..... 46

Radiação ionizante para bordo ..... 64





## Aula Inaugural do Caso 2005



Inicialmente, expressei minha satisfação em estar de volta a este Centro, onde passei felizes momentos da minha vida. Aqui fui formado submarinista, recebendo ensinamentos e me adestrando em diversas fases da minha carreira. Iniciei, como os senhores, há 30 anos. Realizei diversos cursos, tendo culminado com o Estágio de Qualificação para Futuros Comandantes de Submarinos, habilitando-me para o comando do submarino Tupi. Aqui, também estive para transmitir aos mais jovens os ensinamentos herdados dos mais antigos.

Esta será a casa dos senhores a partir de agora. Tenham a certeza de que as portas estarão sempre abertas. Aqui se concentra e se difunde o conhecimento sobre o submarino, sua operação e emprego. Estejam certos de que, por vezes, os senhores estarão sentados nesses bancos e, em outras ocasiões, estarão neste púlpito, compartilhando os conhecimentos adquiridos. Preparem-se, pois, para tal empreitada, a partir de hoje. Os senhores serão cúmplices do nosso progresso daqui por diante. Isto não é um prognóstico, é o processo de evolução natural que dá continuidade ao nosso desenvolvimento e irá acontecer.



*Oficiais-alunos em sala de aula*

Esta breve reflexão só foi possível porque o Comandante da Força de Submarinos honrou-me com o convite para esta aula inaugural.

Prezado Almirante FAVA, sou-lhe grato por este convite que me dá a oportunidade de dirigir-me aos mais jovens e permite felizes lembranças desta casa.

A primeira opção que fizeram já foi consumada, os senhores são oficiais de Marinha. Portanto, já são iniciados na luta pelo cumprimento do dever, o que não se faz por regra ou norma. É ato de vontade. A vontade que nasce da crença na nossa Instituição e seus valores; da indubitável fé na correta condução da Marinha por nossos Chefes; da sólida formação que nos educou para sermos homens de bem e de valor; e se completa na determinação de bem servir.

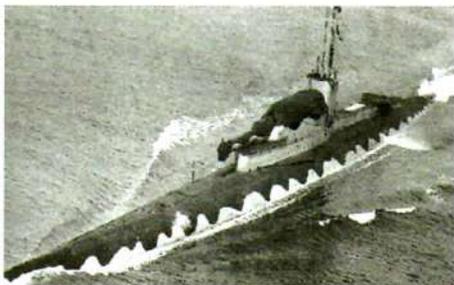
Esta nova opção dos senhores, também voluntária, de servir à Marinha por meio da arma submarina, com certeza lhes trará sucesso. Este sucesso se concretizará no orgulho de pertencer à Força de Submarinos e operar essa máquina maravilhosa – o submarino; na satisfação de conviver diariamente no ambiente dos submarinos; e na realização com o ofício que exercerão. Mas, conforme foi dito por Einstein: “O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”. Portanto, senhores, o trabalho não lhes será negado. Ele estará disponível para todos.

Não deixem que ele seja realizado sem a participação dos senhores.

Falando mais diretamente sobre o submarino, já é de domínio



Este é o USS Holland I. na proa está instalado o "canhão de dinamite" (1897).



Submarino inglês da classe "M" (1918). Pode-se observar a dimensão que o uso do canhão alcançou nos submarinos (no caso 305mm).



Submarino alemão tipo "XXI", desenvolvido e construído durante a II Guerra Mundial. Podia navegar 170 milhas a 8 nós em imersão.

**"Não foram impostos limites à capacidade inventiva do homem, quando se tratou de tirar vantagens da capacidade de ocultação do submarino. "**

geral que a história sobre o desejo do homem de ser capaz de submergir e viajar submerso remonta a Leonardo da Vinci. Entretanto, só em 1776, em seu submersível, o "TURTLE", o americano David Bushnell deu início, ainda sem sucesso, ao emprego do submarino como arma de guerra. O primeiro exemplo de algum sucesso somente deu-se em 1850, quando Wilhelm Bauer, um carpinteiro da Bavaria,

servindo ao exército da Prússia, empregou seu submarino contra navios da Esquadra Dinamarquesa. Seu submarino de cavername de madeira, recoberto com lâminas de metal e de propulsão manual, levava na proa duas cargas explosivas para serem colocadas nos alvos. A partir de então, a corrida em busca do desenvolvimento da arma submarina foi acelerada e muitos barcos maravilhosos, hoje, são história.

Vou apresentar aos senhores algumas imagens que retratam o desenvolvimento do submarino e o interesse que ele suscitou em diversas Marinhas, quando passou a ter crédito como arma. Não se trata de uma resenha histórica. Não está completa, nem disposta cronologicamente. Pretendo somente aguçar o espírito para o estudo e o conhecimento de um

assunto que, a partir de agora, será parte indissociável de suas vidas. Levar-lhes a concluir que dispomos de uma Força de Submarinos de tradição consolidada. Os senhores poderão ver que se trata de uma arma que requer muito preparo e determinação, por parte de quem tenha a intenção de guarnecê-la.

Senhores, como pode ser visto nos slides apresentados, o submarino é uma arma de ataque. Buscou-se, ao longo do tempo, os mais diversos tipos de emprego para ele. Não foram impostos limites à capacidade inventiva do homem, quando se tratou de tirar vantagens da capacidade de ocultação do submarino. Ainda hoje, a despeito do desenvolvimento científico-tecnológico, a discrição, decorrente da sua capacidade de ocultação, é uma das suas mais valiosas características básicas.

Outras características básicas podem ser citadas:

- A autonomia – que se traduz no tempo máximo que o submarino pode manter-se em operação, afastado de uma base de apoio;
- A mobilidade – relacionada à distância que pode ser alcançada e a velocidade com que pode fazê-lo;
- A manobrabilidade – que está na capacidade do submarino alterar rapidamente o rumo, a velocidade e a sua profundidade, de forma controlada;
- A capacidade de destruição total que pode infligir de uma só vez; e
- A capacidade de exercer a iniciativa das ações.

Os senhores podem constatar que estas características estavam presentes nos diversos submarinos apresentados, porém em graus

variados, não só em razão do domínio científico-tecnológico, à época de sua construção, mas, também, decorrente do tipo de submarino.

Por vezes, os senhores viram que se recorreu a plataformas experimentais de modo a se desenvolver sistemas que permitissem alcançar maior performance das suas características.

Desejo, agora, ressaltar três aspectos que considero importantes e espero que eles venham ocupar suas mentes daqui em diante. O primeiro, é uma de suas características básicas, a capacidade de ocultação. O segundo, diz respeito ao risco inerente à atividade dos submarinos. O terceiro, é a necessidade da manutenção de espírito combativo nas tripulações.

O submarino é uma arma que tem que estar pronta para atacar. A suspeita de sua presença numa área deve constituir-se em uma ameaça. Ele tem que fazer valer o seu valor. Isto começa nestes bancos escolares, onde vão aprender a utilizar seus sistemas de forma eficaz e vai até o reconhecimento da competência, que redundará na credibilidade dos meios que possuímos. Sejam combativos, busquem a cada dia esmerar-se na arte de atacar. Conheçam seus navios e seus sistemas. Não se esqueçam de conhecer o inimigo.

Muito se fala do risco atinente ao submarino. Entretanto, há que se ter em mente que ele é inversamente proporcional à competência com que o submarino é conduzido e mantido. Portanto, o risco, em sua grande dimensão, estará em suas mãos. Capacitem-se para neutralizá-lo. Mais uma vez ressalto: conheçam seus navios e seus sistemas.



*Submarino "F3", retornando de uma patrulha (1914).*

O sonho da invisibilidade é mágico. Muitos de nós, em algum momento de nossas vidas, já devaneamos sobre o poder do invisível e das vantagens dele oriundas. Mas nós vivemos em um mundo real. E a nossa atividade não nos permite sonhar. Ela nos exige constante preparo, sendo o seu revés o fracasso. Todavia, o engenho humano colocou à disposição dos marinheiros o poder da invisibilidade total ou parcial, por pouco ou por longo tempo. Esta casa trata deste assunto – o submarino.

Entretanto, senhores, essa invisibilidade não nos foi outorgada por dádiva. Ela requer a nossa participação. E isto é verdade, seja nos submarinos de maior independência da atmosfera – os que dispõem de unidades geradoras de

energia por meio de planta nuclear, seja nos de planta diesel-elétrica. Aqui neste Centro, aprendemos a fazer a nossa parte – como operar e empregar os meios que estão à nossa disposição e tornar real a invisibilidade que dá poder a essa arma. Como dito pelo poeta mineiro Murilo Mendes: "O invisível não é irreel: é o real que não é visto".

Esta invisibilidade depende e se inicia na nossa postura: maneira de pensar e agir. Temos que ser discretos. Não há razão para se tecer comentários sobre o nosso barco, sua capacidade e nem de como ele conseguiu seus "belos" feitos. A satisfação de termos participado de algo bem feito deve nos bastar.

Não há razão para se tratar, com quem não tenha necessidade de conhecer, sobre a movimentação



*Submarino japonês da classe "STO"(1944), maior submarino convencional construído (6.560 ton em imersão). Possuía hangar para três aeronaves e catapulta de 25,9 metros.*

#### NOTA

*Na edição desta revista, foram selecionados apenas alguns exemplos da apresentação realizada durante a aula inaugural.*



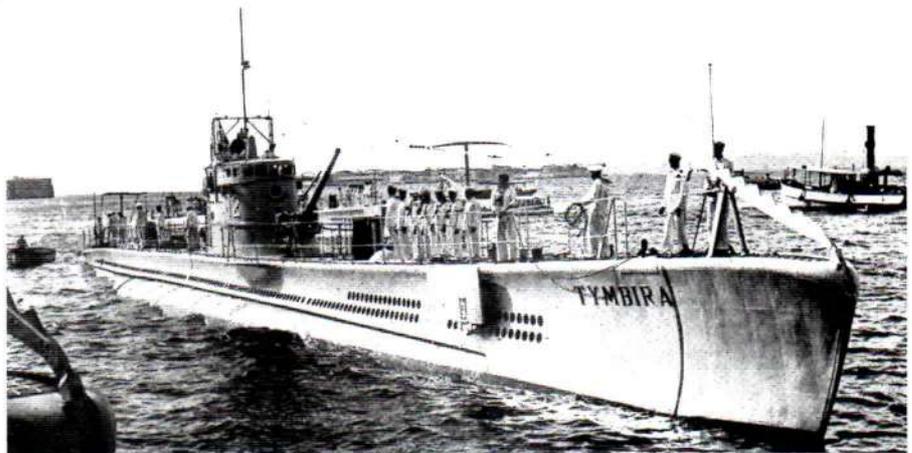
Submarino da classe "FLEET TYPE"(1957).

do nosso barco. Sejam disciplinados. Os senhores estão assumindo um compromisso de discricção e de serviço silencioso.

A invisibilidade do submarino subordina-se a diversos aspectos. Assim, há que se cuidar da invisibilidade ótica, da acústica, da magnética e da eletromagnética, entre outras.

Muito ouvimos falar sobre a capacidade de ocultação do submarino, como sua grande vantagem. Mas ela não é um padrão "default" do submarino, traçando um paralelo com alguns sistemas informatizados. Ela tem que ser buscada e mantida durante todo o tempo. Uma simples alteração do ambiente que nos cerca compromete a ocultação. Há que se estar preparado para se antecipar aos fatos, a fim de não se considerar surpresa, acontecimentos que poderiam estar sob o nosso controle.

Como os senhores estão vendo, ser submarinista requer preparo profissional. O submarino, sem dúvida, possui algum encanto, aguçando a curiosidade daqueles que



Submarino Tymbira (1937)

não o conhecem e entusiasmando os que venham a ter maior familiaridade com ele. Entretanto, para se ter o privilégio de conduzi-lo, há que se tornar submarinista, o que ultrapassa o limite do curso que ora iniciam. Há que se cuidar e zelar muito do barco que nos entregam e saber que ele é exigente e estará sempre a nos requerer mais competência. Há que se dedicar diuturnamente ao seu submarino e ganhar tamanho gosto, que dele se torne indissociável. Há que sentir saudade a cada momento que dele se ausente. E, principalmente, há que se tornar íntimo dele, conhecê-lo integral-

"... Esta invisibilidade depende e se inicia na nossa postura: maneira de pensar e agir. Temos que ser discretos."

mente. Há que se ter alma de submarinista.

Senhores, o esforço da Marinha é grande para proporcionar-lhes o privilégio de conduzir essa máquina maravilhosa – o submarino. E a contrapartida é mais um presente: Que os senhores realizem-se profissionalmente, servindo em submarinos.

Preparem-se, pois, para serem submarinistas. Boa sorte!

---

CA Terenilton é o atual Comandante da Força de Submarinos.

---

# QUEM AMA FAZ SORRIR

COMMARK

A vida é cheia de surpresas e imprevistos.

Quem é previdente está ligado no presente mas com as atenções também projetadas para o futuro, sempre incerto.

Hoje, dispõe da nossa Assistência Financeira - uma linha de crédito com condições especiais para participantes.

E o amanhã? O futuro pode ser incerto, mas o pecúlio da Capemi chega sempre na hora certa.

*E você é previdente?  
Faça sua família sorrir.*

**FALE COM A GENTE.**



Permite o ingresso de  
pessoas dos  
14 aos 80 anos

- Cobertura por morte natural.
- Cobertura em dobro por morte acidental, sem carência.
- Seguro de invalidez permanente por acidente para o próprio participante.

**Capemi**

PREVIDÊNCIA • SEGUROS

Alô Capemi: 0800 723 3030  
www.capemi.com.br

# A prática de *Offset* e a

■ *Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1)*  
José Vanni Filho

# Marinha do Brasil

O artigo apresenta uma breve introdução ao termo e às práticas de *Offset*, no sentido de tentar despertar em todos nós o interesse pelo assunto, de importância capital para os países que buscam o desenvolvimento e que, logicamente, têm importância para o nosso país e para a MB.

## Introdução

O termo *Offset*, atualmente muito utilizado em atividades de Comércio Exterior, refere-se ao que se tenta obter como compensação de um fornecedor estrangeiro, sem custo adicional, quando se faz uma importação de grande vulto. Essa compensação pode ser **comercial** – compras realizadas pelo fornecedor estrangeiro no nosso país, aquecendo a nossa economia e contribuindo para equilibrar a balança comercial; **industrial** – produção de parte do material adquirido no país, gerando empregos e contribuindo para ampliar a base industrial no nosso território; ou **tecnológica** – capacitação de instituições públicas ou privadas com tecnologias não dominadas, tentando reduzir o “gap tecnológico” existente entre os países “vendedores” e os países “compradores”.

Essa compensação pode ser diretamente relacionada ao objeto que está sendo adquirido (*Offset Direto*), ou não (*Offset Indireto*). A Força Aérea Brasileira (FAB) utiliza ainda o termo “*Offset não relacionado*” quando se trata de compras compensatórias de *commodities*<sup>1</sup> ou outros produtos sem qualquer conexão com o objeto em aquisição.

## A prática de Compensações (*Offset*) no Mundo

Já praticado desde a década de 40 nas aquisições relacionadas com a área de defesa, foi largamente utilizado no pós-guerra, pelos EUA, durante a reconstrução da Europa e por alguns países compradores de tecnologias - especialmente os da cortina de ferro – durante a década de 1960 –, com o intuito de criar uma base industrial de defesa. A partir dos anos 70 do século XX, os Acordos de Compensação<sup>2</sup> (AC) passaram a ser utilizados, também, em transações comerciais relacionadas a setores não militares, mas sempre carregados de tecnologia. Os países da Europa já reconstruídos e com uma indústria de defesa forte e tecnologicamente avançada, passaram a oferecer também *Offsets* aos países compradores.

A partir da década de 1990, com o término da Guerra Fria e a conseqüente redução das despesas com defesa, as empresas e os governos passaram a negociar compensações cada vez maiores e mais complexas, envolvendo *Offset* direto, indireto e não relacionado num mesmo AC. Outros fatores que contribuíram para essa “corrida ao

*Offset*” foram as várias “Políticas Nacionais” surgidas nesse período e as grandes fusões e incorporações das indústrias do setor de defesa, tendência até hoje sentida.

Para se ter uma idéia do mercado de compensações, estão detalhados, a seguir, alguns dados publicados em revistas e relatórios especializados:

. Mais de 70 países exigem, hoje, *Offsets* ao realizarem compra de bem de alto conteúdo tecnológico ou de defesa;

. De 1993 a 1999, as empresas americanas reportaram 307 acordos de *Offset* com 34 países diferentes;

. Em 2002, a República Tcheca exigiu 150% de *Offset* dos competidores em suas aquisições naquele ano. Algumas empresas americanas abriram mão de competir em função disso (*Jane's Defence Weekly*);

. A África do Sul, em função da aquisição de quatro Fragatas Meko 360 e três Submarinos IKL á Alemanha, logrou instalar no seu território, subsidiárias de várias companhias e está executando grande parte da instalação e da integração dos sistemas de combate desses meios, muitas delas por

empresas sul-africanas (*Defence News*); e

. Em função da dificuldade de cumprimento das Cláusulas dos AC, existem hoje no mercado mundial empresas especializadas na negociação e cumprimento de obrigações de *Offset*<sup>3</sup>.

### O *Offset* no Brasil

A FAB é considerada a pioneira na prática de compensações no País. É sabido que, já no início dos anos 50 do século passado, ocorreu a primeira transação deste tipo. Na década de 1970, o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) já utilizava operações de *Offset*, visando a obtenção de tecnologia, em contrapartida às importações de aeronaves pelas empresas aéreas e de aeronaves militares pela FAB. Em 1974, quando da aquisição dos F-5E, a FAB obteve, como contrapartida, a transferência de tecnologia para produção e montagem de estabilizadores verticais e outros itens das Aeronaves F-5E pela EMBRAER. Vários outros casos relacionados à indústria aeronáutica seguiram-se a esses, e, como necessidade e consequência, em 1991, o então Ministério da Aeronáutica aprovava a sua Política de Compensação Comercial e Tecnológica (FAB1991) e, no ano seguinte, as Diretrizes Básicas dessa Política, regulando o assunto no seu âmbito.

O Exército Brasileiro quando implantou a sua aviação na década de 80, procurou incluir nos contratos de aquisição, um acordo de compensação, na base de 100% do valor pago. Entre outros, os seguintes benefícios foram obtidos por meio deste AC (CHAGAS2004):

venda de aviões Tucano para a Força Aérea Francesa pela EMBRAER;

- exportação de máquina agrícolas para a América Latina, Oriente Médio e África;
- investimentos da empresa fornecedora<sup>4</sup> para a reestruturação da Helibrás;
- realização de cursos diversos para pilotos e técnicos envolvidos com a manutenção das aeronaves; e
- aparelhamento do Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEX) e para a Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) com meios auxiliares de instrução.

“O Exército Brasileiro quando implantou a sua aviação na década de 80, procurou incluir nos contratos de aquisição, um acordo de compensação, na base de 100% do valor pago.”

Em 1999, o Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), deu novo impulso ao *Offset* e, durante os anos que se seguiram foi o catalizador de reuniões e grupos de trabalho envolvendo representantes de vários setores governamentais e de empresas, - a Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON) foi uma delas - , para se tentar conhecer, divulgar e regular o assunto em âmbito nacional.

Decorrente desses encontros, o Ministério das Relações Exteriores (MRE), por meio do Centro de Gestão Estratégica do Conhecimento em Ciência e Tecnologia (CGECon) criou

e mantém um sítio na Internet<sup>5</sup> para divulgação e integração da “Comunidade *Offset*” e, mais recentemente, promoveu o lançamento do livro “Panorama da Prática do *Offset* no Brasil” (MRE2004), que traz um compêndio de artigos significativos sobre o assunto. Este livro foi divulgado em âmbito da MB e é um ótimo instrumento para aquisição de mais conhecimentos sobre *Offset*.

O Ministério da Defesa, também participante e atuante, passou a acompanhar o assunto e, na tentativa de unificar e consolidar esforços no âmbito militar, promulgou a Política e as Diretrizes de Compensação Industrial e Tecnológica do Ministério da Defesa, em dezembro de 2002 (MD2002). Esse documento estabelece a obrigatoriedade de negociação de AC para aquisições de valor superior a US \$ 5 Milhões, com um mesmo fornecedor, em um período de doze meses, deixando a critério de cada Força estabelecer o percentual de compensação a ser exigido, caso a caso.

No Brasil, a exemplo do que acontece no exterior, já existem empresas que atuam no ramo<sup>6</sup>.

E na Marinha? O que foi já realizado com relação ao *Offset*?

### As Compensações na MB

O Contrato de construção das Fragatas Classe “Niterói”, é um exemplo clássico onde houve *Offset*. Sem entrar no mérito de quanto foi *Offset* e quanto foi efetivamente contratado, sem dúvida, com as Fragatas, efetivou-se uma revolução na Marinha em termos de capacidade de construção naval, alinhamento de sistemas, desenvolvimento e manutenção de software, avaliação

operacional de meios, apoio logístico integrado e integração de sistemas, entre outras atividades não menos importantes, que só foram obtidos com a utilização do poder de compra, na negociação.

Com a experiência, a tecnologia e o “know how” adquiridos na Construção das Fragatas no País, foi possível desenvolver-se o Projeto das Corvetas Classe “Inhaúma”, nos anos 80. Nesse projeto, mais uma vez utilizando-se o poder de compra, obteve-se um avanço tecnológico, na medida em que, na contratação dos seus Sistemas de Combate, conseguiu-se que os três últimos navios da Classe, ao contrário do acontecido até então na MB, fossem montados e tivessem os seus Testes de Aceitação na Fábrica realizados no Brasil, em uma empresa<sup>7</sup> criada especialmente para tal fim.

Os Submarinos da Classe “Tupi”, na década de 1990, foram um outro exemplo relevante da obtenção de compensações, pois na negociação, foi conseguido que os três últimos da Classe fossem construídos no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, mais uma vez com a participação de empresas brasileiras na instalação e integração dos Sistemas de Combate.

Muitos outros exemplos podemos alinhar de aquisição de tecnologia atreladas a contratos de aquisição no exterior. A capacitação da Fábrica Almirante Jurandir da Costa Miller de Campos (FAJ) no desenvolvimento de espoletas, oriunda da aquisição de munição junto aos fabricantes estrangeiros, merece ser citada por ser um dos mais recentes exemplos de transferência de tecnologia negociada no momento do Contrato. *Offset* genuíno, na acepção do termo.

A partir das iniciativas do MDIC em 1999, a MB criou seu Grupo de Trabalho Intersetorial para o assunto, no ano seguinte, com participantes da EMGEPRON. Em decorrência dele, em 12 de novembro de 2001, o Comando da Marinha publicava a Portaria em que aprovava a Política de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, espelhada nas experiências da FAB [MB2001]. Foi atribuído ao Estado-Maior da Armada a tarefa de supervisionar a implementação da Política de Compensação, o que vem sendo feito e sendo realimentado até os dias de hoje. Tentando criar essa mentalidade para o *Offset* na MB, uma série de ações decorrentes sobrevieram, como a regulamentação, em âmbito interno, das atribuições dos vários setores e a realização de palestras e de dois cursos<sup>8</sup> para o pessoal das Diretorias Especializadas (DE).

Para não sobrecarregar as DE, desde 2001, a EMGEPRON as vem assessorando, quando solicitado e como previsto nas normas vigentes, já existindo na empresa um bom cabedal de informações e experiência decorrentes da participação em negociações e em alguns eventos ligados ao assunto. Outras Informações podem ser obtidas no sítio: [www.emgepron.com.br](http://www.emgepron.com.br) ou pelo email [vanni@egpron.mar.mil.br](mailto:vanni@egpron.mar.mil.br).

As negociações de AC não são uma coisa trivial, nem simples, nem rápida, pois enfrentam a natural resistência dos fornecedores, mas podem trazer benefícios futuros tangíveis. O projeto e construção da Corveta Barroso e do Submarino Tikuna e a Modernização do Sistema de Combate das Fragatas Classe “Niterói”, todos sendo realizados no País, são conseqüências dos casos anteriormente citados.

## Offset é bom para o País? Como nos prepararmos?

O setor de defesa foi e é pródigo gerador e desenvolvedor de novas tecnologias e inovações em todas as áreas do conhecimento que, invariavelmente, têm efeitos que se estendem para fora do meio militar. O *gap* tecnológico que nos separa hoje das nações do primeiro mundo é inegável e é um grande desafio a ser enfrentado e vencido, se quisermos levar o nosso País ao lugar que ele merece e pode chegar no cenário internacional. A Marinha tem tradição de pioneirismo e, desde sempre, tem trazido inúmeras contribuições significativas para a ciência, tecnologia e indústria nacionais. Como exemplo, o projeto e a construção de submarinos dentro do previsto no Programa de Reaparelhamento da Marinha é campo fértil para recepção de tecnologia e com um custo-benefício muito além do aceitável. Nesse particular, e em várias outras áreas do conhecimento bem identificadas pelo setor de Ciência e Tecnologia da MB, o uso da prática de compensações, pode ajudar muito. Para se conseguir isso é fundamental:

1. conhecermos melhor a capacidade e o potencial brasileiros, para aprendermos a pedir. É e será sempre inócua obter-se como compensação, algo já dominado em outros setores, militares ou não, do País. Temos de saber o que queremos e estarmos certos de que, no País, ninguém conhece o que está sendo oferecido. A integração entre as FFAA e o compartilhamento de informações são o meio de se conseguir isso;
2. criarmos condições internas de pessoal e de material para recebermos o que queremos. Isso depende de nós da MB, mas pode ser alavancado com

a participação dos órgãos federais de financiamento e utilização dos Fundos Setoriais. Já vem sendo perseguido; e

3. não desperdiçarmos as oportunidades.

Individualmente, não podemos deixar de conhecer e de ter a consciência de que o poder de compra é uma força que não deve ser desperdiçada. Nos dias de hoje, ele muito contribui para que conhecimentos ou compensações, que não seriam passados ou realizados, sejam obtidos, se bem exigidos e negociados desde o início do processo de obtenção.

Não há dúvida que isso é bom para o País e bom para a nossa MB!

## NOTAS

<sup>1</sup> Produto primário, especialmente os de grande participação no comércio internacional, como café, algodão, minério de ferro, etc.

<sup>2</sup> Acordo Celebrado entre as Partes para estabelecer e regulamentar as transações de OFFSET relativas a um Contrato Principal entre as Partes. Normalmente é assinado junto com o Contrato Principal.

<sup>3</sup> Dois sítios para consulta, como exemplo: [www.e-offsets.com](http://www.e-offsets.com) e [www.barternews.com](http://www.barternews.com)

<sup>4</sup> A empresa francesa Eurocopter

<sup>5</sup> <http://www.cgecon.mre.gov.br> é o endereço do site por onde se acessa a Comunidade Offset.

<sup>6</sup> Latin Offsets é uma empresa, localizada no Rio de Janeiro, que atua na divulgação e facilitação de Offsets.

<sup>7</sup> Os Sistemas de Combate foram montados, com componentes importados, na empresa SFB Sistemas, no Rio de Janeiro, que há oito anos encerrou suas atividades, segundo divulgado na imprensa, por problemas relacionados ao Grupo a que pertencia.

<sup>8</sup> Os cursos foram realizados em 2002 e 2004, na Escola de Guerra Naval, sob os auspícios do EMA e com uma colaboração inestimável da FAB.

CMG Vanni, possui Curso de Função Técnica Avançada de Engenharia de Sistema de Armas e atualmente trabalha no setor comercial da EMGEPRON.

## Tecnologia Naval para Produtos e Serviços de Qualidade

Construção e reparo de meios navais, integração de sistemas de combate, fabricação de munição de médio e grosso calibres, sistemas digitais, guerra eletrônica e apoio logístico integrado.



## Naval Technology Applied to Quality Products and Services

Naval Shipbuilding and Repair, Systems Integration, Ammunition Production of Medium and High Calibres, Digital Systems, Electronic Warfare, Integrated Logistic Support.

Empresa Gerencial de Projetos Navais - Edifício 8 do AMRJ - 3º andar - Ilha das Cobras  
Cep.: 20091-100 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - Tels.: (21) 2253-4090 / 3849-6855 / 2253-6669  
Fax: (21) 2233-5142 - E-mail: [emgepron@emgepron.mil.br](mailto:emgepron@emgepron.mil.br) Site: [www.emgepron.mil.br](http://www.emgepron.mil.br)

**EMGEPRON**  
EMPRESA GERENCIAL DE PROJETOS NAVAIS

# Inovações no Sistema de Propulsão

■ *Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN)*  
Roberto Marcelo Moura dos Santos  
*Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN)*  
Clythio R S Backx Van Buggenhout

No século XXI, as inovações nos sistemas de propulsão – como AIP – levarão o Submarino com propulsão convencional a ter um poder dissuasório semelhante ao Submarino com propulsão nuclear?

## HISTÓRICO E DADOS RELEVANTES

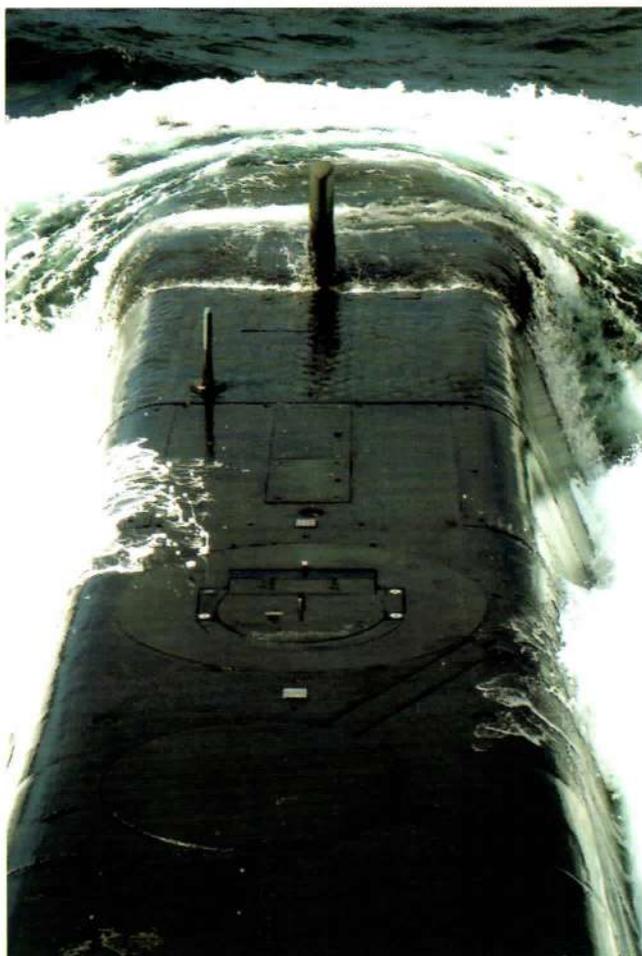
### Primeira geração – a busca da velocidade.

*Do início, durante a Segunda Guerra (na Alemanha e URSS), até os anos 50 do século XX, com o advento dos nucleares.*

As primeiras pesquisas para a propulsão de submarinos por fontes de energia independentes do ar, datam da Segunda Guerra Mundial (WW2), e foram baseadas em princípios elaborados ainda nos anos 30 do século passado, por Helmut Walter (ca 1900-1980), engenheiro alemão.

O “Walter Cycle” utiliza  $H_2O_2$  (Peróxido de Hidrogênio em alta concentração – HTP – High Test Peroxide) como oxidante na queima de diesel para gerar vapor a alta pressão, que aciona, então, uma turbina destinada à propulsão.

O “Motor Walter”, como é conhecido o conjunto propulsor, foi empregado, também, em embarcações de superfície, aeronaves, foguetes e mísseis (desde as “bombas” V1 e V2, ainda na WW2), e o HTP é combustível de torpedos até os dias atuais (em especial por Rússia e Suécia. Outros países, como Inglaterra, abandonaram essa solução em função de acidentes –



possivelmente, a causa do afundamento do S. Kursk e, com certeza, a causa do sinistro do britânico HMS Sydon em 1955, durante um pré-teste de torpedo com propulsão por HTP).

O objetivo principal dessa primeira solução AIP para os submarinos era o aumento de velocidade, ainda que, eventualmente, na superfície. Os

submarinos de então eram mais submersíveis do que meios projetados para passar, de fato, a maior parte do tempo submersos.

No entanto, há registros de testes a 28 nós na condição submerso, do protótipo V-80, de 76 t e apenas 22 metros de comprimento.

Na época, a velocidade máxima típica dos submarinos era de 10 nós, o que limitava o emprego tático, se comparada à velocidade dos alvos (navios de superfície), e o esnorquel ainda não fazia parte da configuração padrão dos submarinos (somente a partir de 1943, o esnorquel foi introduzido no desenho dos submarinos alemães).

Os protótipos de Walter, na verdade submarinos de pequeno

porte e destinados a ações em cenários restritos, foram testados a partir de 1940, mas a solução Walter não chegou a ser usada em combate – as questões de segurança na condução da planta propulsora e no manuseio do combustível não haviam sido totalmente contornadas até o final da guerra, além da dificuldade de obtenção das

quantidades de peróxido necessárias a um possível submarino de porte “oceânico”, como os projetos Tipo 26 (800 t) e Tipo 18 (1600 t).

Apesar disso, o Tipo 18 evoluiu para uma versão somente elétrica, com capacidade extra de baterias e capaz de manter 17 nós durante 90 minutos, números semelhantes aos dos submarinos convencionais de todo o período pós-guerra.

Algumas unidades destinadas ao emprego costeiro do Tipo 17B ficaram prontas ao fim da guerra, mas não chegaram a ser comissionadas. Tais submarinos tinham cerca de 300 t e possuíam turbinas Walter com 2500hp de potência, em complemento às plantas Diesel-elétricas convencionais.

No pós-guerra, os vencedores interessaram-se pelos estudos e pela equipe de Walter. Grande parte (inclusive o próprio) foi para a Inglaterra (principalmente para a empresa Vickers), onde se pesquisou o uso do HTP em diversos outros meios, como torpedos e mísseis, além de submarinos.

Os testes incluíram a construção de dois submarinos, ainda nos anos 50 do século XX – os HMS Explorer e o Excalibur, conhecidos pelas tripulações como *Exploder* e *Excruciator* –, que deram baixa no início dos 60 daquele século.

Nos EUA, apesar do confisco de diversos motores Walter (conjunto queimador/turbina), os experimentos foram mais limitados, provavelmente em face da perspectiva de sucesso do empreendimento nuclear – o único emprego prático do HTP foi no mini S. X-1 (apenas 36 t), comissionado

em 1955, com registro de explosão em 1957 – um ex-encarregado do meio declarou que “– a mais importante lição aprendida foi que o peróxido de hidrogênio não tem lugar num navio de guerra”.

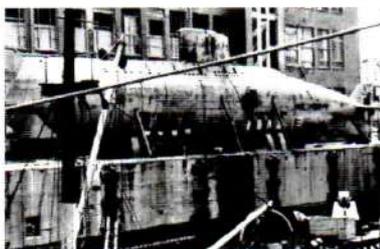
Com o advento dos nucleares no final dos anos 50 (o Nautilus é de 1954), os EUA abandonaram o emprego em propulsão do HTP, bem como outras linhas de pesquisa de AIP, já que deixaram de lado, também, a produção de submarinos convencionais.

Além desses países, a então URSS também mostrou interesse no HTP, e aplicou a solução no protótipo conhecido no ocidente como “Baleia” – o projeto 617, iniciado em 1952, comissionado em 1958 e com grave explosão registrada em 1959.

Na verdade, a URSS era a única com projeto alternativo ao HTP para uso em AIP – o CCD, ou Closed Cycle Diesel, onde oxigênio líquido (LOX) é utilizado para queima de diesel em motores alternativos convencionais.

Tal solução, após testes entre 1940 e 1945 num Classe M, foi empregada em 30 submarinos da Classe Quebec, comissionados de 1953 a 1957, e que deram baixa nos anos 70, após um histórico de explosões e incêndios que fizeram as tripulações atribuir o apelido de “Isqueiro” aos meios da Classe. O principal benefício desses experimentos foi a experiência na condução desse tipo de planta adquirida pelos soviéticos.

A URSS, no entanto, nunca deixou a linha do CCD de lado,



**Tipo 17B**

*Figura 1 - Foto do U-1406, levado aos EUA e descartado logo após a guerra - o irmão gêmeo U-1407 foi para a Inglaterra, onde operou como HMS Meteorite para aquisição de experiência com a propulsão com HTP*



**Testes a 26 nós com HTP**

*Figura 2*

**“...As questões de segurança na condução da planta propulsora e no manuseio do combustível não haviam sido totalmente contornadas até o fim da guerra.”**



**HMS Explorer - ou “Exploder”**

*Figura 3*



**O mini X-1 norte-americano**

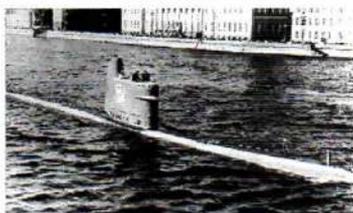
*Figura 4*

**A Baleia**

Figura 5 - O projeto 617 da URSS

**30 "Isqueiros"**

Figura 6 - Classe Quebec com CCD -



mesmo depois do desenvolvimento de seus próprios submarinos nucleares.

Com o advento da solução nuclear, na verdade o sonho do AIP definitivo, por ser a propulsão independente até mesmo do oxigênio e capaz de garantir grandes velocidades na condição submersa, países como Inglaterra e EUA abandonaram as pesquisas com outros tipos de AIP, incluindo o HTP.

A propulsão nuclear tornou-se, no entanto, a AIP veloz e potente, ideal para meios oceânicos e estratégicos, tendo determinado o fim das pesquisas com HTP para propulsão – mas o reator nuclear e a sua turbina não eram uma solução pequena e silenciosa o bastante para o uso em meios destinados a cenários fisicamente restritos – os menores submarinos nucleares são ainda muito maiores do que os maiores convencionais.

**Pós-nucleares – a segunda geração – a busca da discrição.**

*Surge em função do custo dos nucleares, da diversidade de empregos (grandes oceanos x cenários restritos) e de restrições tecnológicas impostas à Alemanha no pós-Guerra.*

O principal objetivo dos sistemas AIP desenvolvidos no pós-Guerra foi o aumento da autonomia submersa, reduzindo a taxa de indiscrição e visando a um ganho tático, com aumento do “espaço de negociação” do submarino.

Se possível, a redução da assinatura acústica também se tornou alvo dessas soluções, já que o acionamento de diesel-geradores na condição de esnorquel provoca ruído alto comparado à propulsão pelas baterias, e os sensores passivos se desenvolveram muito em relação aos da época da WW2.

Para a Alemanha, impedida de pesquisas nucleares, o AIP foi o

caminho alternativo natural de desenvolvimento.

Na primeira linha de soluções AIP, incluindo a nuclear, o objetivo era aumentar o poder ofensivo (velocidade). Na segunda onda AIP, a preocupação principal é reduzir as vulnerabilidades (aumento da discrição).

O emprego de submarinos convencionais com AIP faz-se mais adequado do que os nucleares em cenários físicos limitados, como águas costeiras, margens das geleiras, estreitos e outros cenários hostis aos grandes submarinos, como mares interiores com limitações de calado.

Além disso, a pesquisa AIP foi também estimulada por uma questão financeira – há mercado para soluções de AIP em submarinos convencionais. Dominá-las pode significar a sobrevivência ou a auto-sustentação desse ramo de indústria em alguns países.

Em função desse enfoque comercial, todas as soluções AIP são oferecidas como supostamente aplicáveis a *up-grades* ou modernizações de submarinos, por meio da inserção de módulos em seções inteiras, entre a área de máquinas e a área de manobra dos submarinos, sem que se faça menção aos impactos causados nas outras características, como velocidade máxima e variáveis direcionais e de manobra do meio, já que lemes, hélices, motor elétrico principal (MEP) e todos os demais sistemas seriam mantidos como de origem.

Os desenvolvedores das soluções oferecidas atualmente, alegam ter aumentado de 3 a 5 vezes a autonomia submersa, sempre se referindo a condições de baixa velocidade, aplicável às típicas situações de espera ou patrulha dos submarinos convencionais.

Após a WW2, mais intensamente nas décadas de 1970 e 80,

Suécia, Alemanha e França retomaram os estudos de solução AIP não-nuclear (além da URSS, que já tinha iniciado durante a guerra e continuou o trabalho).

As tecnologias empregadas podem ser, de forma geral, enquadradas nos quatro tipos a seguir:

- CCD – Closed Cycle Diesel – Ciclo Diesel Fechado, normalmente com uma fonte de LOx (Oxigênio líquido), oferecido por diversos países como Rússia, Alemanha e Holanda.
- MESMA - Turbina a vapor em ciclo fechado (França).
- Ciclo Stirling – máquina térmica com combustão externa (Suécia).
- Fuel Cell – usando oxigênio e hidrogênio para obtenção de energia através de eletrólise reversa numa bancada de membranas (Alemanha).

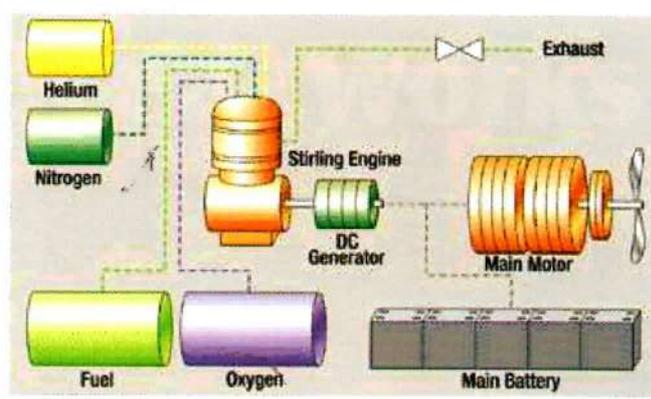
As necessidades e conveniências de cada um dos países se refletiram diretamente nos resultados obtidos, como descrito a seguir:

**Suécia - Stirling Cycle – Oxigênio líquido + diesel em termo-geradores pequenos (combustão externa).**

Foi desenvolvida pela empresa Kockums que, a partir de outubro de 2004, passou a fazer parte do grupo ThyssenKrupp, o qual inclui, também, a HDW e a própria Thyssen, igualmente pesquisadoras de outras soluções AIP.

A solução Stirling, com certeza adequada ao emprego na costa e no próprio Báltico, adota tecnologia simples, confiável e é escalável, com o acréscimo de mais unidades Stirling (ainda que seja previsível uma degradação da assinatura acústica, pelo aumento do ruído).

Como desvantagens, a baixa potência obtida em função do nível de interferência no volume do submarino, a limitação de profundidade de operação causada pela necessidade de descarga de gases da combustão



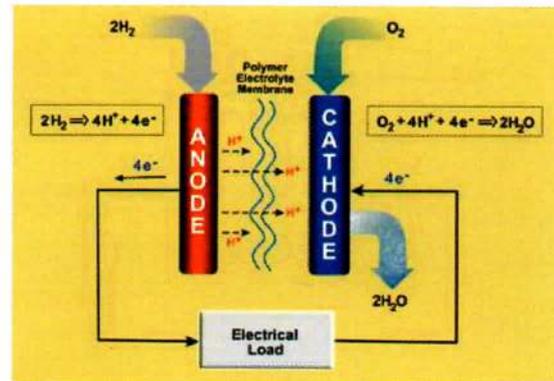
Esquema AIP do Stirling Cycle  
Figura 7



Proposta da Kockum para inserção de seção AIP  
Figura 8

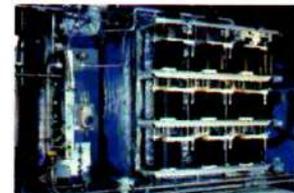
**Fuel Cell**

Figura 9 - oxigênio e hidrogênio são catalisados através de membrana, gerando água, calor e eletricidade.



**Bancada de Fuel Cell**

Figura 10- sem a complexidade de peças móveis, mas com a dificuldade de controle das variáveis e da armazenagem do hidrogênio.



e a baixa velocidade decorrente da restrição de geração de energia. Além disso, é necessário armazenar oxigênio na forma líquida, podendo ameaçar a integridade do submarino caso ocorra um incêndio.

Foi empregado em testes a partir de 1989 no S. Näcken, e incluída na Classe Gotland (1590 t) a partir de 1996, garantindo autonomia de 8 dias a 4 nós.

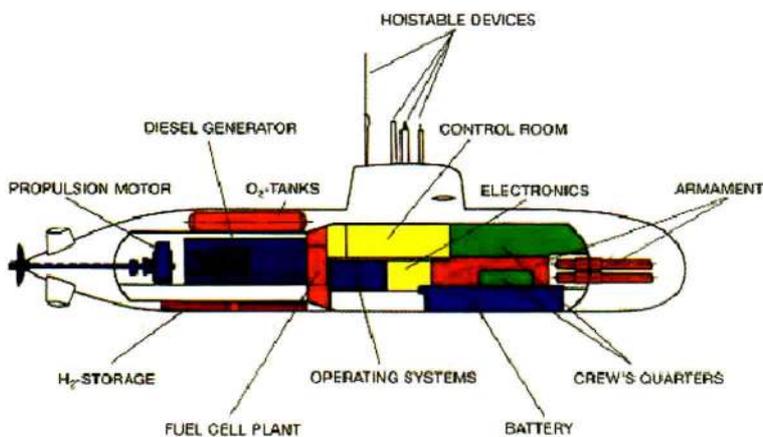
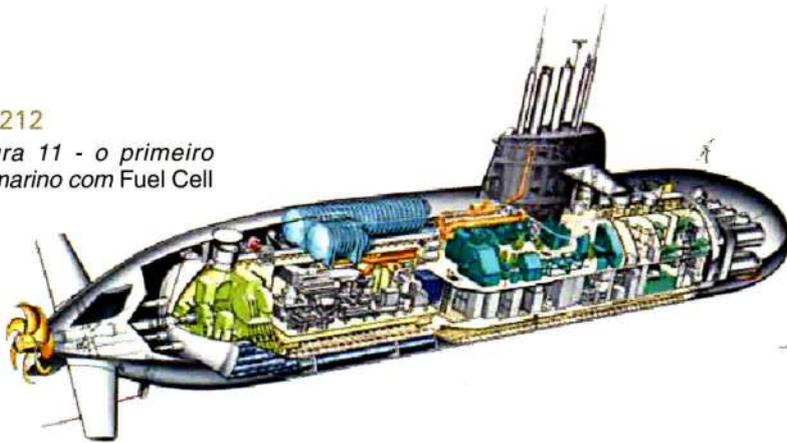
**Alemanha - Fuel Cell e CCD.**

**Fuel Cell** – desenvolvido pelo estaleiro HDW – oxigênio + hidrogênio em eletrólise reversa através de membrana.

Depois de mais de 30 anos pesquisando, foram feitos testes no fim dos anos 80, no pequeno U-1 (IKL-205), onde foi montada uma seção com a geração de energia por Fuel Cell.

### IKL-212

Figura 11 - o primeiro submarino com Fuel Cell



### O IKL-212 e seus sistemas principais

Figura 12

- Vantagens – escalabilidade, baixo ruído, maior possibilidade de avanço tecnológico e não depende de expelir gases pela descarga.

- Desvantagem – necessidade de armazenagem do hidrogênio em tanques de metal-hídrido, a baixa velocidade decorrente da restrição de geração de energia e o armazenamento de oxigênio na forma líquida, podendo ameaçar a integridade do submarino caso ocorra um incêndio.

Como vantagem adicional da *Fuel Cell* encontra-se a perspectiva de evolução - existem pesquisas promissoras para aumentar a capacidade de geração de energia dos bancos de *Fuel Cell*.

Como restrições adicionais, as dificuldades reportadas ao longo de seu desenvolvimento quanto à manutenção de eficiência, ao longo do tempo de operação, das bancadas de membranas e da dificuldade de controle da razão estequiométrica ideal dos componentes "injetados".

O impacto causado na concepção geral do meio pode, também, explicar o porque da demora na implementação da *Fuel Cell*, depois de tantos anos de pesquisa e de quase 20 anos após sua primeira experiência prática.

Observando o IKL-212, vemos que **o AIP é uma solução ganha-perde**, ou seja, não há como não sacrificar algo pelo AIP.

No IKL-212, vemos uma série de inovações em relação aos consagrados princípios de projeto dos IKL-209, algumas em função da nova concepção de sensores, outras da necessidade de minimizar o "impacto AIP".

No tocante aos sensores, podemos destacar a disposição dos lemes de ré (em X, para facilitar o emprego de sonar rebocável a partir da vela), e de vante (na vela, para não perturbar o desempenho dos sonares de flanco).

Mas é nítido também o "impacto AIP" – a começar pelo casco com diâmetro um metro maior do que o IKL-209 na seção de vante e com transição para a seção de ré, deixando os tanques de LOX e Hidrogênio fora do casco resistente. O aumento da seção reta com certeza penalizou a velocidade máxima, e a solução estrutural deixou de ser "trivial" como a de casco com diâmetro único.

A existência de um único banco de baterias, e de um único conjunto diesel-gerador, além da adoção do moderno MEP com ímãs de pólos permanentes demonstram a preocupação em reduzir o "impacto AIP" no deslocamento total do meio, mas implicaram, à primeira vista, em menor confiabilidade geral do submarino.

Por outro lado, o IKL-212 promete **400 hp no AIP, garantindo 15 dias de autonomia submersa a 4 nós de velocidade** (cabe lembrar que o AIP também pode ser utilizado para recarga de baterias após o seu esgotamento, no caso de uso para atingir altas velocidades).

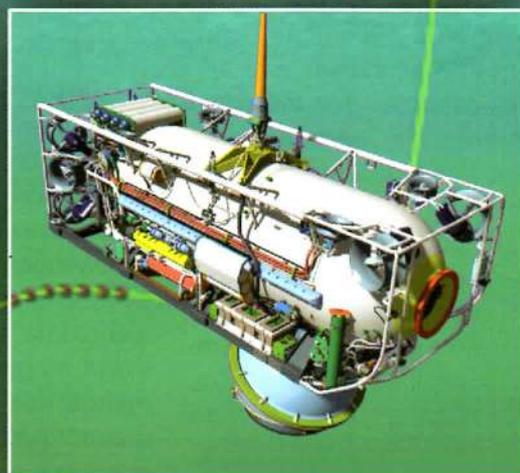
No projeto do IKL-214, modelo destinado a exportação e possível sucessor do IKL-209 no mercado mundial, são mantidas diversas características do IKL-209 e implementadas algumas do IKL-212, como o MEP e o *Fuel Cell*, mas a configuração de lemes é mais convencional e o tanque de oxigênio



Líder em Tecnologia de Socorro Submarino



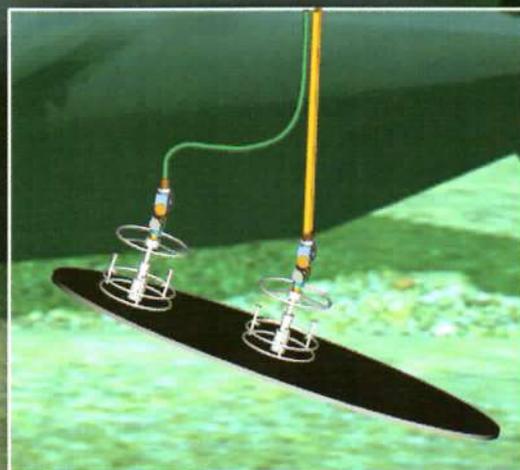
Sistemas de Mergulho Atmosférico com Traje Rígido HARDSUIT™



Sistemas de Socorro Submarino



Container de Transferência de Suprimentos de Suporte de Vida



Sistemas de Ventilação e Descompressão de Emergência de Submarinos

Oceanworks International Corporation  
#3-1225 East Keith Road,  
North Vancouver, BC CANADA V7J 1J3  
[www.oceanworks.cc](http://www.oceanworks.cc)

LOGNAV - Logística Naval Ltda  
Rua Acadêmico Valter Gonçalves  
1/1304 - Centro Niterói -RJ,  
Brasil - CEP 24020-290  
[www.lognav.com.br](http://www.lognav.com.br)

está no interior do casco resistente, para permitir a construção em diâmetro único, e, por conseguinte, obter menor custo de construção. Esta mudança em relação ao IKL-212 pode ser uma desvantagem significativa do ponto de vista da segurança, já que a ocorrência de um incêndio a bordo pode ter suas conseqüências amplificadas pela presença do oxigênio. A princípio, não é possível identificar razões essencialmente técnicas que justifiquem esta alteração.

Outros aspectos que merecem ser comentados são aqueles relacionados ao reabastecimento de oxigênio e de hidrogênio, e a manutenção do sistema Fuel Cell.

Com relação ao primeiro aspecto o sistema requer que o hidrogênio tenha pureza de 99,999 %, além de equipamentos específicos projetados pela HDW para a faina de reabastecimento do submarino, os quais podem ser instalados em contêineres, para serem transportados para diferentes localidades da costa. O grau de pureza recomendado pode ser garantido com o emprego de hidrogênio líquido, porém implica aumento do custo de produção e de transporte, além da limitação do número de fornecedores. Adicionalmente, o uso do hidrogênio líquido impõe aumento do custo de obtenção dos equipamentos de reabastecimento em cerca de 50 %. Caso não se atenda ao requisito de pureza do hidrogênio, há redução significativa da vida útil dos tanques de armazenamento de hidrogênio e dos módulos de geração de energia elétrica. Sabe-se, também, que o custo da milha náutica navegada com o emprego do sistema AIP, considerando-se apenas o combustível, é cerca de 8 vezes mais caro do que quando se emprega óleo diesel.

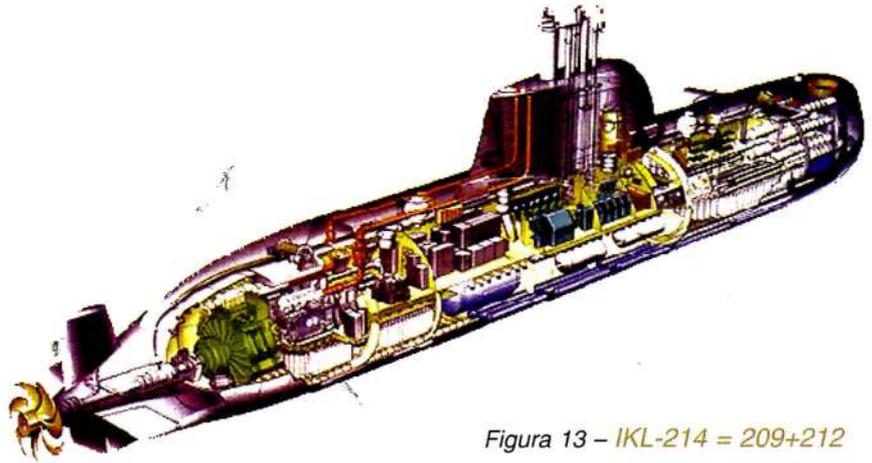


Figura 13 – IKL-214 = 209+212

Do ponto de vista de manutenção, cabe mencionar que apenas a Siemens, em Erlangen, na Alemanha, tem capacitação para realizar rotinas de manutenção de 3º escalão, possivelmente a custos elevados e com baixa probabilidade de que esta tecnologia seja transferida para o Brasil ou qualquer outro país, pelo menos nos próximos anos. Além disso, o sistema ainda não foi operado o suficiente para comprovar a confiabilidade e a disponibilidade calculadas pelos técnicos da HDW.

**CCD - A outra linha de pesquisa da Alemanha - empresa Thyssen – oxigênio líquido + argônio fornecendo "ar artificial" para motores diesel.**

A concepção é aparentemente simples – operar os diesel-geradores de bordo sem a necessidade de ar, com o uso de gases armazenados à bordo (LOX+argônio, de forma a fabricar "ar artificial").

Os primeiros testes reais foram no início dos anos 90, no mesmo U-1, com uma unidade de 300 hp (a pesquisa alemã foi permanente e sistemática).

**· Vantagens:**  
· Pode servir para "up-grade" de qualquer submarino, caracterizando uma opção "comercial" dessa linha de soluções.

**· Desvantagens:**  
· Ruído dos motores diesel originais operando submersos; e  
· Limitações de cota de operação devido à necessidade de descarga dos gases.

O CCD desenvolvido na Thyssen é claramente a segunda opção da indústria de submarinos da Alemanha, e é inteligentemente voltado para a adaptação de submarinos já existentes, sendo uma alternativa a se considerar em qualquer processo de modernização.

Ambos os sistemas desenvolvidos na Alemanha implicam em estimativas de aumento de +15% no custo do meio, adicionando aproximadamente 10 metros ao comprimento.

**França – MESMA – etanol + oxigênio líquido+turbogerador**

Na onda da tendência de soluções AIP, a DCN francesa oferece o MESMA, na forma de um módulo adicional – inicialmente oferecido como opcional "adicional" aos seus projetos de convencionais Agosta-90B e Scorpene – não há notícia de nenhum projeto específico, dedicado à integração da solução AIP, a exemplo do IKL-212 da HDW.

O sistema, ainda não foi implementado em nenhum submarino que esteja operando, mas tem previsão de compor o último dos

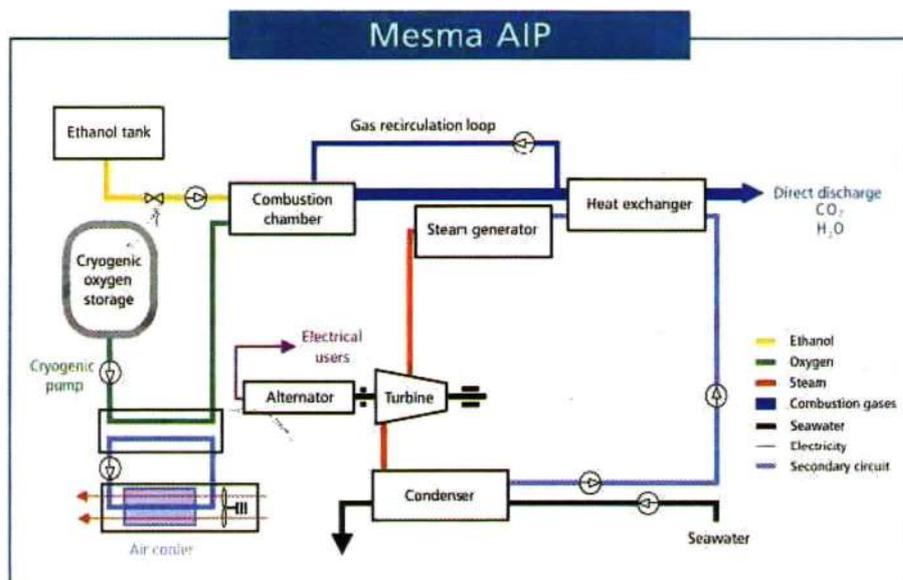
## MESMA

### - Vantagens:

- Alega utilizar tecnologias comprovadas em outros meios e aplicações;
- Afirma fornecer uma solução final mais silenciosa – apesar do Turbo-Gerador – do que as baseadas em máquinas alternativas (CCD e Stirling);
- Parece o segundo ciclo de uma planta nuclear, podendo levar à aquisição de conhecimentos necessários à condução de submarino nuclear;
- Não precisa compressor para expelir gases em grande profundidade; e
- Pode ser escalonável para maiores potências, bastando a utilização de componentes de maior porte.

### - Desvantagens:

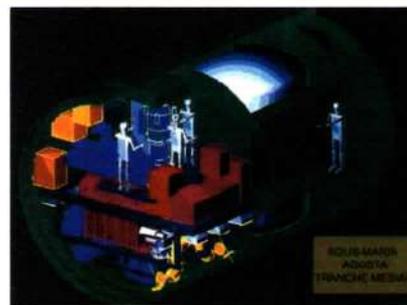
- Complexidade, implicando em mais esforço de controle e menor confiabilidade; e
- Espaço necessário total aparentemente maior do que outros sistemas.



### Esquema do MESMA

Figura 14 - com os tanques criogênico para o oxigênio e de etanol, resfriadores, condensador, turbina à vapor e alternador para geração de energia.

“O MESMA se assemelha a um segundo ciclo de uma propulsão nuclear...”



### MESMA

Figura 15 - arranjo geral à bordo

três Agosta-90B encomendados pelo Paquistão.

O resultado declarado em potência seria de apenas 200 kW, com um aumento alegado da autonomia submersa de 3 a 5 vezes a original, para a velocidade de 4 nós.

O MESMA assemelha-se a um segundo ciclo de uma propulsão nuclear, com a substituição da “fonte quente” por um queimador de etanol + oxigênio.

À primeira vista, o sistema é bastante complexo, e a visão real do módulo experimental em terra confirma essa sensação.

O nível de interferência no espaço interno do submarino não se limita ao “conversor energético” – os tanques,

na sua concepção original, também vão ocupar bastante espaço.

### A Rússia e outros

A Rússia nunca abandonou a pesquisa em AIP, mesmo com o advento dos nucleares, provavelmente em função dos cenários de interesse no norte da Europa e outros.

A opção nuclear aposentou a solução das turbinas Walter para altas potências, mas não desbancou as soluções destinadas ao aumento da discríção.

Além da linha CCD (lembre-se que a Rússia foi a única a adotar a solução em toda uma classe, de 30 submarinos), está em desenvolvimento uma solução *Fuel Cell*, e ambas

são oferecidas como opções para os Classe Amur e Kilo, apesar de não terem sido implementadas em nenhum projeto completo atual.

Como uma das soluções AIP com tecnologia mais acessível, o CCD vem sendo oferecido por outros estaleiros, como o britânico Marconi e o holandês RDM, (sistema “Spectre”, para os classe Moray, de 1800 t), ambos aparentando querer minimizar custo e impacto dos produtos, oferecendo, em troca, menor ganho – cerca de 20 dias a 2 nós, velocidade em que o consumo de energia para propulsão é sensivelmente baixo.

Outras marinhas estão considerando adotar AIP nos seus submarinos convencionais, como o

Japão e China, e vem sendo sempre uma característica a ser analisada quando do estabelecimento de requisitos de um novo meio.

Digno de nota e acompanhamento é a postura dos EUA sobre o assunto.

Nos últimos anos, tem-se tornado comum a publicação de artigos de estudiosos e especialistas ressaltando o desconhecimento e a falta de capacidade dos EUA quanto aos submarinos convencionais e, em especial, o seu papel fundamental em cenários fisicamente restritos e conseqüentemente hostis aos grandes nucleares, destinados às profundas águas azuis dos cenários hipotéticos da Guerra Fria.

O interesse em aprender rapidamente sobre o potencial dos novos convencionais com AIP – e, quem sabe, empreender no setor – materializou-se com a recente proposta feita à Marinha da Suécia de arrendamento, por longo prazo, de um dos três Classe Gotland, com tripulação completa e serviços de manutenção, de modo a empregá-lo no papel de ameaça em exercícios operativos.

### Conclusões e comentários sobre o AIP

Os sistemas AIP atualmente disponíveis ampliam a autonomia submersa dos submarinos de 3 a 5 dias para cerca de duas ou três semanas, na mesma condição de velocidade – algo entre 2 e 4 nós.

O objetivo é reduzir a vulnerabilidade do submarino, diminuindo o coeficiente de indiscrição em função da necessidade de uso do esnorquel. Mas, em algumas soluções AIP ocorrem aspectos indesejáveis, que contrariam a intenção original: ruído de máquinas alternativas (que prejudica também a escalabilidade); emissão de gases; limitação de uso em grandes profundidades e de velocidade.

Além dos aspectos contraditórios, a inserção do AIP no projeto obriga ao aumento do tamanho do submarino, aumentando a resistência ao avanço, e alterando coeficientes hidrodinâmicos relacionados com a manobrabilidade, e também implica elevação da carga hotel, consumindo parte da vantagem oferecida (o aumento da carga hotel pode chegar

**“Para efeito de comparação, a potência normal dos convencionais é na faixa de 3.000 hp, e dos nucleares até de 20.000 hp.”**

a 20%, no caso de implementação de sistemas sofisticados de controle de atmosfera, necessário em função do dilatado tempo submerso).

Além disso, há a questão do risco adicional de carregar combustíveis líquidos perigosos a bordo, e da dificuldade de sua eventual recarga em operações em teatros remotos – o AIP é “carga única”, uma vez utilizado, torna-se um módulo inútil de 10 metros num submarino de 70.

A solução AIP não é simplesmente um “plus” adicionável ao conceito atual de submarino convencional sem nenhum impacto negativo – o AIP é uma solução ganha-perde, implica em aumento de custos, e precisa de cenários de emprego provável que justifiquem a sua adoção.

De forma a minorar tais efeitos negativos, alguns submarinos com projeto AIP abrem mão de parte da potência de geração e do MEP, bem como de sua autonomia total, em função da redução do volume dos tanques de óleo combustível (OC).

Ainda que a pesquisa inicial almejasse maior velocidade (as turbinas Walter chegaram a 5.000 hp),

o volume e peso dos sistemas atuais limitam os módulos AIP na faixa de 100 a 400 hp, limitando a velocidade submersa máxima mantida (é claro que pode-se ter picos de velocidade utilizando as baterias, exigindo imediata recarga com o uso da energia AIP).

Para efeito de comparação, a potência normal dos convencionais é na faixa de 3.000 hp, e dos nucleares até de 20.000 hp.

A evolução das soluções AIP tem sido lenta, e nada aponta para um salto nos parâmetros atuais, apesar de alguns especialistas apostarem num aumento de potência, para os “conversores energéticos” baseados em *Fuel Cell*, entre o dobro e três vezes o atual, nos próximos anos.

Estima-se que de 100 a 150 submarinos convencionais serão vendidos nos próximos 10 anos. O AIP é, antes de tudo, um bom negócio, e os estaleiros líderes da construção de submarinos investem em soluções nem sempre adotadas por suas Marinhas e, com exceção do IKL-212 e do IKL-214 alemães, não se tem notícia de projetos otimizados desenvolvidos em torno de um conceito integrado do uso de AIP.

No modelo das alternativas atuais, é uma ótima solução para operações em águas costeiras, zonas marginais das geleiras, estreitos marítimos e outros cenários fisicamente limitados.

O submarino convencional, mesmo com AIP, está limitado a operações de curto-médio alcance.

Como exercício de abstração de engenharia, vale considerar que, visando o aumento da indiscrição, pode ser possível, com o aumento da confiabilidade dos sistemas de armazenamento e conversão energética, em especial os escaláveis sem aumento de ruído (*Fuel Cell* e talvez o MESMA), o desenvolvimento de convencionais TOTALMENTE AIP, ou seja, que dispensem o diesel e

seus motores-geradores, dedicando os atuais volumes e pesos desse sistema somente ao sistema AIP e seus combustíveis (seria o submarino AIP/elétrico).

### AIP x Nuclear – Comparação e limitações incontornáveis.

Retornando ao problema proposto no título desse texto:

“No século XXI, as inovações nos sistemas de propulsão – como o AIP – levarão o Submarino com propulsão convencional a ter um poder dissuasório semelhante ao Submarino com propulsão nuclear?”

### O poder dissuasório do submarino de propulsão nuclear

O submarino convencional toma por base, para exercer poder dissuasório, o seu poder de ser discreto, utilizando a “estratégia da posição”, representando um perigo invisível, mas de mobilidade limitada, às ameaças e suas rotas logísticas.

Seu emprego prevê, preferencialmente, um pré-posicionamento na área de atuação, e em alguns casos, a ação de mais de um submarino no mesmo cenário.

Sua velocidade de deslocamento típica é menor do que a dos seus alvos, em especial se forem navios de guerra de superfície. Como a recarga de baterias depende da aspiração de ar atmosférico para funcionar os diesel-geradores, a capacidade de ser discreto é inversamente proporcional à velocidade de deslocamento em travessias.

Já o submarino com propulsão nuclear tem por norma a “estratégia do deslocamento”, baseada na capacidade de manter, sem ter que retornar à superfície e por tempo, na prática, indeterminado, altas velocidades, superiores à maioria dos navios de superfície.

Tal característica dá aos submarinos nucleares o poder de

perseguir seus alvos, e de, uma vez mergulhado, representar grande ameaça aos inimigos, mesmo que se trate de apenas um submarino com propulsão nuclear em um extenso teatro de operações.

Assim, pode-se fazer o paralelo entre os tipos de submarinos e as peças do xadrez.

Os convencionais são os peões – mais lentos, numerosos, mantenedores de posição, fortes ameaças aos que se aproximam da sua área de atuação.

O nuclear é a Rainha – alta mobilidade e velocidade, grande área de atuação, mais capacidade de evasão e de ataque além das linhas inimigas.

Desta forma, para equiparar o poder dissuasório dos dois meios, seria necessário que a solução AIP fornecesse ao convencional autonomia submersa e velocidades semelhantes aos nucleares.

As inovações em soluções AIP nos últimos 60 anos não caminharam neste sentido, e nem mesmo são capazes, ainda, de dispensar a tradicional configuração de geração de energia elétrica por motores diesel e enormes bancos de baterias.

A esperança dos que propõem a questão hipotética de competição entre o AIP e a propulsão nuclear baseia-se no possível aumento de eficiência dos “conversores energéticos” (*Fuel Cell*, *Stirling Motor*, *MESMA*, etc...), mas a limitação real não está neste ponto, e sim na questão da densidade energética dos combustíveis, como abordado a seguir.

O melhor desempenho alegado pelos sistemas AIP é o de garantir, a um submarino convencional de porte médio, uma autonomia adicional de 15 dias a cerca de 4 nós.

Ao analisarmos uma curva típica de resistência ao

avanço de um submarino, vemos que o aumento da potência necessária cresce exponencialmente.

A potência para transitar na faixa de 3 a 5 nós é algo entre 50 e 100 Kw, contra os 3250 Kw para andar a 20 nós. O consumo energético, então, é cerca de 40 vezes maior para a travessia em alta velocidade.

Assim, mesmo que tivéssemos o “conversor energético” AIP miniaturizado e capaz de gerar potências altíssimas (e essa é uma possibilidade de desenvolvimento que não pode ser descartada), o combustível atualmente transportado para os sistemas AIP se esgotaria 40 vezes mais rápido andando a 20 nós, e o submarino teria autonomia de apenas 9 horas, se deslocando por apenas 180 milhas antes de esgotar seu “estoque energético”.

Um único deslocamento estratégico em alta velocidade (para supor uma equiparação prática aos nucleares) da atual base de submarinos para a região da foz do rio Amazonas, implicaria em uma necessidade de 15 vezes a quantidade de combustível atualmente carregada nos sistema AIP.

O moderníssimo projeto IKL-214 prevê carregar cerca de 18t destinados à propulsão, (1,8 t de Hidrogênio e 15,3 t de Oxigênio). Para atender ao acima descrito, seriam necessários, então, 270 t de “combustíveis AIP” (isso sem considerar o peso dos tanques

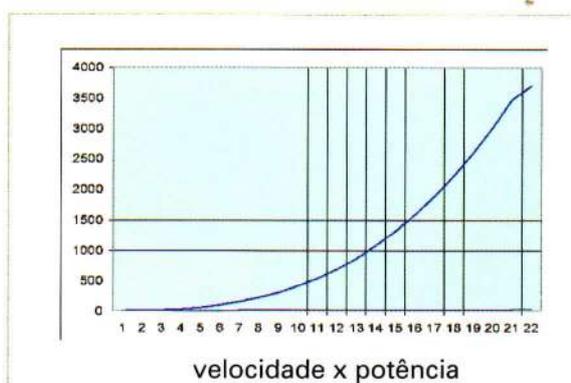


Figura 16

cilíndricos e de metal-hídrido necessários).

Para que se tenha idéia do impacto descrito, a quantidade de OC num Classe Tupi é de cerca de 90 t, carregada em tanques estruturais, sem preocupação de resistência estrutural com vaso de pressão.

Tais implicações inviabilizam soluções de propulsão convencional, capazes de grande autonomia em altas velocidades. Se aumentarmos o porte do meio para acomodar mais combustível, aumentaremos a potência necessária ao avanço, e assim por diante.

### Conclusão - A questão da energia

Vemos que, se comparado aos submarinos com propulsão nuclear, o limitante do desenvolvimento do sistema AIP não é, como pode

parecer à primeira vista, o problema do "conversor energético".

O limitante dos AIP é que, apesar de ser uma fonte de energia independente do ar, continua sendo dependente do Oxigênio e de outros insumos (diesel, etanol, hidrogênio), e a necessidade de carregar grandes quantidades desses para obter grande autonomia a grandes velocidades, inviabilizaria qualquer pretensão de competição com a solução nuclear.

Como visto, o desenvolvimento dos sistemas AIP tem visado a atender a necessidades operacionais específicas definidas, principalmente, por cenários físicos limitados, e não tenta competir com a propulsão nuclear.

Do ponto de vista estratégico, a propulsão nuclear é a AIP ideal, com autonomia ilimitada em alta

velocidade. Afinal, é um AIP independente do oxigênio, e a densidade energética do combustível garante duração igual à da vida útil do meio.

Assim, como no xadrez, peões e rainha continuarão necessários, imprescindíveis, mas como peças diferentes, com emprego e finalidade diversas.

A resposta final à questão proposta é:

"Não, a evolução da propulsão AIP não terá como viabilizar um submarino convencional com poder dissuasório semelhante ao de um submarino com propulsão nuclear".

---

*CMG Roberto Moura é o Diretor do Centro de Projetos de Navios.*

---

*CMG Clythio serve atualmente na Diretoria Geral de Material da Marinha.*

---

## Militares da ativa, inativos e pensionistas da Marinha têm crédito quando quiserem.

Faça seu BB Crédito Consignação\* e pague em até 48 meses, com taxas a partir de 1,75% ao mês. É pré-aprovado e o desconto é feito na sua folha de pagamento. Aproveite.

O tempo  
todo com  
VOCÊ



Central de Atendimento BB 4004 0001 Capitais 0800 729 0001 Demais localidades

bb.com.br

\*Crédito disponível para clientes BB e sujeito a aprovação cadastrada.

# Faina de Load-in –

▪ Capitão-de-Fragata

Ricardo Luiz de Novaes Moniz de Aragão

## Submarino Timbira

O desenvolvimento da capacidade de manutenção e de construção de submarinos na Marinha do Brasil tem sido marcado por saltos significativos e constantes. As Organizações Militares Prestadoras de Serviço – OMPS – têm demonstrado grande vigor neste mister, graças, sobretudo, à vontade de vencer de seu pessoal civil e militar, apesar de todas as reconhecidas dificuldades orçamentárias pelas quais a Marinha vem passando, em decorrência de medidas de contenção de recursos que vêm sendo implementadas no campo macro-econômico do País.

Paralelamente ao trabalho das OMPS, os Comandantes, Oficialidades e guarnições dos submarinos que passam por complexos períodos de reparos, têm dado provas de grande profissionalismo e de espírito de sacrifício na nobre tarefa de preparar seus navios. Desta forma, servidores das OMPS e submarinistas dedicam-se, immanados, integralmente para o bem maior da Marinha que, neste caso, são os submarinos.

Tem sido assim desde os períodos de manutenção dos submarinos da classe “Guppy”, passando pelos grandes reparos dos “Oberon”, a construção dos da classe “Tupi”, a manutenção do submarino argentino “ARA Santa Cruz”, os Períodos de Manutenção Geral – PMG do “Tupi” e do “Tamoio”. Coroando todo este êxito, tivemos recentemente o lançamento do S. “Tikuna”. No momento, o S. “Timbira” realiza o seu primeiro PMG.



Submarino Timbira saindo do Dique Almirante Régis.

Recentemente, mais um fato marcante da capacidade logística da Marinha foi alcançado com pleno sucesso. Trata-se da operação militar, de caráter logístico, de transporte do Submarino Timbira para o interior da Oficina de Construção de Submarinos do AMRJ, concretizada no último dia 30 de maio de 2005. A operação foi concebida pelos engenheiros do Arsenal de Marinha, tendo sido validada pela Universidade de São Paulo – USP, que empregou, para tal, ferramentas de simulação visual, programas matemáticos de engenharia e o Tanque de Provas Numérico daquela insigne Universidade.

A manobra propriamente dita, ponto culminante de toda a operação, foi realizada pela empresa de transporte pesado e engenharia SUPERPESA.

Este aspecto assume grande importância para a Marinha, pois demonstra o interesse e a capacidade de parte especializada da iniciativa privada empresarial nacional, nos assuntos de interesse do Poder Naval.

A execução da manobra da operação, como um todo, teve uma duração de onze dias. A manobra, denominada de *Load-in*, constitui-se, inicialmente, na preparação do Submarino em termos de estanqueidade e minucioso controle de



Submarino Timbira e a Ilha Fiscal.



Submarino Timbira posicionado à frente da Oficina de Sb. do AMRJ.



Submarino Timbira sendo tracionado para o interior da Oficina de Sb. do AMRJ.

Submarino Timbira sendo transladado para o interior da Oficina de Sb. do AMRJ.



equilíbrio estático; e sua docagem sobre uma balsa, que se encontrava, por sua vez, docada no interior do Dique Almirante Régis. Após esta docagem especial, foram realizados o deslocamento do conjunto Submarino-Balsa e o seu posicionamento preciso, com o emprego de instrumental óptico, no cais, na frente da Oficina de Construção de Submarinos do AMRJ. Finalmente, o Submarino "Timbira", pesando cerca de 1.244 toneladas na ocasião, foi levemente içado por duas carretas hidráulicas, que, por sua vez, foram tracionadas por dois grandes cavalos mecânicos, os quais transportaram, cuidadosamente, o Submarino para o interior da Oficina, docando-o sobre um picadeiro convencional.

Do ponto de vista do Submarino, todos os detalhes foram pormenorizadamente estudados e preparados: *briefing* para a tripulação; preparação e adestramento das equipes que guarneceriam o Submarino nas diversas fases da operação; atenção com os aspectos materiais e de capacitação profissional voltados para a segurança do pessoal;

detalhes a bordo relacionados à segurança do material; apoio de emergência médica, a cargo do Arsenal de Marinha; cuidado especial com os aspectos de contra-inteligência envolvidos na operação, também com o apoio do Arsenal de Marinha; previsão do cumprimento do Cerimonial da Marinha em uma condição tão específica; previsão e estudos das fainas de emergência passíveis de acontecer em uma manobra desta natureza e a respectiva conduta a ser adotada pelo pessoal de bordo.

Com relação à condução do PMG do Submarino "Timbira", a sua docagem no interior da Oficina de Construção de Submarinos do AMRJ, traz significativas vantagens, o que se revelará em maior eficiência técnico-operacional e redução do prazo de realização desse grande reparo. A proteção que a oficina propicia permite melhores condições de trabalho aos engenheiros e técnicos, ao abrigo de nossas reconhecidas condições climáticas desfavoráveis, principalmente do calor intenso da cidade do Rio de Janeiro. Propicia também, proteção especial à faina de

corte e solda do casco resistente do Submarino necessária, sobretudo, para a realização da revisão *W6* dos motores do Navio. O corte do casco do Submarino é uma faina de alto grau de especialização, uma vez que o aço do casco, do tipo *HY-80*, não pode sofrer resfriamento brusco, em decorrência de agentes exógenos, tais como chuvas ou ventos inesperados.

Alie-se a estes aspectos, um fator primordial para o Arsenal de Marinha, que é a mobilização dos recursos humanos de construção de submarinos, que serão mantidos qualificados, com o advento da realização do PMG do Submarino "Timbira" naquela oficina.

Assim, podemos depreender, com base neste artigo, que a Marinha do Brasil amplia sua capacidade de realizar uma das importantes tarefas que compõem sua Missão, qual seja a de PREPARAR O PODER NAVAL.

CF Moniz de Aragão é Comandante do Submarino Timbira.

# Submarino Classe 212

- Autor: 2º Tenente Kai Peter Röckel  
Tradução: Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1) José Carlos Juaçaba Teixeira.

Trinta anos de experiência na construção de submarinos impulsionaram o desenvolvimento da classe 212. O navio representa um grande avanço sob muitos aspectos. O ponto mais notável é, sem dúvida, a célula de combustível, que provê não somente independência do ar como uma forma ambientalmente limpa de produção de energia.

O desenvolvimento do U212 teve como pressuposto os seguintes requisitos:

- independência do ar;
- melhoria da capacidade de reconhecimento por meio de melhores sensores e equipamentos de comunicação;
- baixas assinaturas;
- torpedos mais velozes e de maior alcance;
- alto grau de automação;
- melhoria das condições de habitabilidade; e
- proteção do meio ambiente.

## CARACTERÍSTICAS DO U212

Comprimento .....	57.15 m
Diâmetro do casco resistente .....	7 m
Cota periscópica .....	14.8 m
Deslocamento .....	1499 tMax.
Max. velocidade .....	16.5 kn
Autonomia em imersão da célula de combustível .....	15 dias
Raio de ação .....	4500 nm
Tripulação .....	27
armamento .....	12 Torpedos

## A necessidade de independência do ar

No U212 a célula de combustível representa a maior parte do sistema de propulsão. A célula une oxigênio e hidrogênio em uma reação química e produz energia elétrica e água. As vantagens desse tipo de produção de energia são:

- elevada eficiência (65 - 80%);
- baixa emissão de ruídos;
- baixa temperatura do processo; e
- uso da água resultante para uso a bordo.

É realmente impressionante que apenas 13 toneladas de oxigênio e 1,8 de hidrogênio sejam necessárias para uma imersão de 15 dias.

## Necessidade de redução de assinaturas

O menor nível de emissões acústicas, resultando em uma "invisibilidade" para o oponente, é um ponto extremamente importante, às vezes decisivo, nos modernos submarinos. Esse requisito foi considerado no U212, trazendo novos desenvolvimentos:

- Todas as aberturas da superestrutura, como periscópios, válvulas de descarga, etc. são protegidas por tampas de acabamento. Assim, obtém-se uma estrutura homogênea e evita-se o ruído de fluxo.

- Todo o sistema de armas, de controle da plataforma, bem como todos os equipamentos que produzem ruído, tais como bombas, motores diesel, compressor de ar, estão colocados sobre calços amortecedores, tornando a quantidade de ruído transmitida à água pequena.

- Um hélice de baixa rotação movido por um motor elétrico especial, que não utiliza mecanismos ruidosos para variar a velocidade.

- Os torpedos serão lançados por um sofisticado sistema hidráulico que produz pouco ruído.



- Como mencionado anteriormente, a célula de combustível produz energia de maneira silenciosa.

Graças ao emprego do mesmo aço amagnético, usado na classe 206A, e de um arranjo eficiente dos cabos elétricos a bordo, obteve-se uma assinatura magnética muito baixa.

A redução das emissões infravermelhas é obtida de diversas formas, por exemplo, o uso da descarga da água do sistema de resfriamento, aquecida pelo próprio sistema, para o pré-aquecimento do hidrogênio em seu tanque de armazenamento, a fim de aumentar a eficiência da célula de combustível.

A maior probabilidade de detecção por um oponente ocorre com o submarino na cota periscópica, expondo mastros. Os mastros do U212 serão revestidos com material absorvente para reduzir essa probabilidade.

### **A necessidade de sensores e equipamentos de comunicação modernos**

Aproveitando a experiência positiva do conceito usado no U206A, todos os sistemas independentes foram integrados no sistema sonar (DBQS 40). É possível acompanhar automaticamente até 8 alvos. As principais funções são a detecção passiva, a determinação de elementos do alvo, como a marcação e a distância, a identificação e análise de emissões sonar e a monitoração de ruídos próprios. Os resultados são apresentados e analisados em quatro consoles. O novo sonar

rebocado de baixa frequência permite a detecção passiva e a identificação a longas distâncias, há muito desejada. O sonar de flanco cobre o espectro de baixas e médias frequências e permite distâncias iniciais de detecção maiores que as do arranjo cilíndrico. Um sistema computadorizado de classificação de ruídos e emissões, baseado em comparação com um banco de dados, aumentará a capacidade de classificação e identificação. A inclusão de um moderno sistema de comunicações por satélite aumenta os recursos de comunicações em comparação com o U206.

### **Periscópios**

Os dois novos periscópios possuirão equipamentos de visão noturna e medição de distância a laser e trarão melhorias na capacidade de detecção e no apoio a operações especiais.

O MAGE do U212 será muito mais capaz do que o equipamento atualmente em uso no 206A, permitindo uma detecção e classificação mais rápidas.

### **A necessidade de armamento moderno**

O U212 será dotado de torpedo DM2A4, em substituição ao DM2A3 atualmente em uso.

O novo torpedo será anti-submarino (ASW) e anti-superfície (ASUW), como seu antecessor, e terá maiores velocidade e alcance. O U212 transportará 12 desses torpedos.

### **A necessidade de maior automação**

Para reduzir a tripulação e

permitir reações mais rápidas em situações críticas, como confrontos sub-sub, essa nova classe possuirá modernos sistemas de automação. Como exemplos, pode-se citar a barra de dados e o sistema de controle automático da plataforma. O sistema de carregamento de tubos de torpedo possuirá um grau de automação que resultará em tempos de reação e disparo reduzidos, especialmente em situações de combate a curta distância.

### **Melhores condições de acomodação**

Importantes melhoramentos foram obtidos nessa área em comparação com o U206A. O “beliche quente” não mais será usado. As áreas de recreação e alojamento serão separadas. O Comandante possuirá uma câmara e a tripulação camarotes com 3 ou 5 beliches. O chuveiro será separado do sanitário e o navio será dotado de uma câmara frigorífica de grande capacidade, além de uma cozinha maior.

### **A proteção do meio ambiente**

No que diz respeito à proteção do meio ambiente, o U212 será dotado de equipamentos como separadores de óleo, tratamento de esgoto, entre outros, de modo a não causar danos ao meio ambiente. E, como anteriormente dito, a célula de combustível será uma fonte limpa de geração de energia.

---

*2ºT Röckel é oficial da Marinha alemã, servindo no U18, realizou o intercâmbio com a Marinha brasileira em novembro de 2004.*

---

# SERVIÇOS OFF-SHORE E ON-SHORE



## REFRIGERAÇÃO LTDA

Empresa Certificada ISO 9001/2000 C.C. Nº 011/2003

- ❄ Executamos projetos de sistemas de ar condicionado, refrigeração, exaustão e ventilação. On shore e off shore.
- ❄ Confeccionamos equipamentos especiais em aço inoxidável para atender a casa de máquinas com área reduzida nas plataformas, submarinos e navios.
- ❄ Executamos manutenção preventiva e corretiva de sistemas e prediais.
- ❄ Temos profissionais altamente qualificados nas fábricas em serviços de retífica de compressores, instalação e manutenção em plataformas, submarinos e navios. Executamos "drop in" em sistemas de ar condicionada com gás ecológico.



ECOLOGIC- Imp. e Exp. e Com. LTDA  
Distribuidora Rhodia no eixo Sudeste / Nordeste de gases ecológicos para refrigeração e ar condicionado em geral.



OFICINA AUTORIZADA  
Bitzer no eixo Rio-Espirito Santo com  
Revenda de peças originais Bitzer.



CREDENCIADA  
TRANE

Rua Filomena Nunes - 535 RJ. BR

(21) 2121-0021 / (21) 2560-1759

[www.cerdal.com.br](http://www.cerdal.com.br)

E-mail: [cerdal@cerdal.com.br](mailto:cerdal@cerdal.com.br)



# Força de Submarinos realiza, durante a **Operação Sarsub/2004,** o primeiro resgate na história da MB

■ *Capitão-de-Fragata Claudio da Costa Lisboa*

Esta operação, planejada pelo Comando da Força de Submarinos, teve como propósito o exercício de resgate de membro da tripulação de um submarino sinistrado, ainda em um cenário abrigado, contribuindo, assim, para o aprestamento dos meios envolvidos e desenvolvimento de procedimentos operativos voltados para esta complexa atividade.



Durante o período de 20 a 29 de junho na baía da Ilha Grande foi realizada a Operação de Busca e Socorro a Submarino Sinistrado – Sarsub 2004, contando com a participação do S. “Tapajó”, NSS “Felinto Perry”, AvApCo “Almirante Hess”, embarcações de apoio da Delegacia de Angra do Reis, e de mergulhadores do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Áttila Monteiro Aché (CIAMA) e da Base Almirante Castro e Silva (BACS).

#### **Desenvolvimento da Operação:**

No intuito de aumentar, progressivamente, o grau de dificuldade, a

operação foi dividida em quatro fases. Em todas, o submarino pousou no fundo, simulando estar sem condições de vir à superfície por seus próprios meios, necessitando, assim, de apoio externo para o resgate de sua tripulação.

Na primeira fase, foi exercitada a transferência de ar de alta pressão para o submarino e de certos materiais necessários à sobrevivência de sua tripulação, empregando mergulhadores e o Veículo Submarino de Operação Remota (VSOR).

Nas segunda e terceira fases, foram realizados acoplamentos do Sino de Resgate de Submarino (SRS)



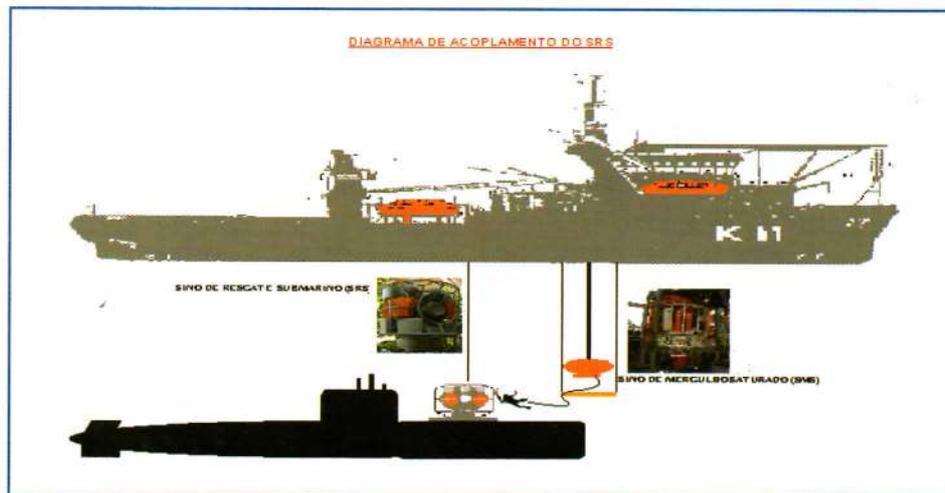


na escotilha de salvamento do submarino, sendo que no último, pela primeira vez na história da MB, foi resgatado um militar do Submarino Tapajó, SO-AM-SB JOSÉ VALDIR DE AZEVEDO, pelo Sino de Resgate e trazido até o NSS Felinto Perry.

Os acoplamentos do SRS no submarino são operações de alto risco uma vez que, por breve período de tempo, as escotilhas do SRS e do submarino são abertas simultaneamente.

Na última fase, foi realizado escape individual de tripulantes do submarino, onde os mesmos, vestindo um macacão especial, são praticamente “ejetados” para a superfície.

O transbordo de um tripulante de submarino mergulhado para o SRS foi um fato inédito na MB, resultante, em larga medida, do esforço na aplicação de substanciais recursos, na capacitação de pessoal e de material ao longo dos últimos anos e traduz-se em mais um marco alcançado na busca pela capacidade plena de resgate de tripulações de submarinos sinistrados, comum às principais marinhas operadoras de submarinos.



### O sino de resgate submarino:

Para a execução do resgate, além de pessoas motivadas e adestradas, é necessário o emprego de um sem-número de sistemas e equipamentos operando sinergicamente. Entretanto, podemos afirmar que o equipamento principal é o Sino de Resgate Submarino (SRS). Resumidamente, o SRS é uma esfera projetada para trabalhar à pressão atmosférica e mergulhar até 300 metros de profundidade, sendo tripulado por dois mergulhadores e possuindo capacidade para resgatar até seis tripulantes por vez.



*CF Lisboa era o comandante do NSS Felinto Perry durante a operação SARSUB/2004 e serve atualmente na Diretoria Geral de Material da Marinha.*



# Uma Breve Visão de Futuro das Ações de Submarinos: Naves Submarinas de Alta Velocidade e Torpedos Supercavitantes

■ *Capitão-de-Fragata*  
*Paulo Cesar Demby Corrêa*

As ações de submarinos no futuro, dentro de uma visão prospectiva de 50 anos, tenderão a subverter os conceitos de emprego de submarinos tais como hoje os conhecemos, desde a sua entrada em operação, há cerca de 105 anos.

Veículos subaquáticos não tripulados (UUV), projetados para a execução de múltiplas tarefas<sup>1</sup>, poderão em um futuro próximo ter sua importância relativizada face às perspectivas de desenvolvimento de vetores submarinos de elevada velocidade, empregando armamento de destruição também de alta velocidade. Para que o assunto seja compreendido, faz-se necessário entender, inicialmente, o fenômeno da supercavitação, analisar seus benefícios para a cinemática dos corpos submarinos em geral e, finalmente, particularizar o tema para os dois grandes grupos de projetos em andamento, quais sejam: as naves submarinas de alta velocidade e as armas submarinas supercavitantes.

## O Fenômeno da Supercavitação

Embora estudada há cerca de 40 anos, a supercavitação somente começou a ser explorada para uso militar há cerca de uma década. Para melhor entendê-la, será apresentado o fenômeno já conhecido da cavitação dos corpos, para, de forma superficial, discorrer sobre a idéia da supercavitação.

Se um hélice girar rapidamente, o líquido circunvizinho à pá é arrastado com a mesma velocidade tangencial. O "arrasto" do líquido acarreta uma abrupta queda de pressão à jusante, e assim dá-se o aparecimento de bolhas de vapor. Quando age em cima dos hélices, as causas da cavitação normalmente danificam sua superfície. À medida que uma cavitação pesada é induzida

no hélice, uma combinação da água e do vapor d'água líquidos é gerada no entorno das pás. Considerando que o vapor d'água é muito menos denso do que a água, o hélice exercerá um empuxo de menor intensidade, o que produz intenso ruído característico e reduz sua eficiência.

A partir de 1997, cientistas desenvolveram uma solução inteiramente nova ao problema da cavitação. Para corpos submersos que navegam a velocidades superiores a 60 nós, admite-se que a cavitação induzida no hélice é inevitável. Assim, por mais paradoxal que possa parecer, a supercavitação veio a oferecer uma solução para este problema.

A supercavitação consiste em um fenômeno que, sob determinadas circunstâncias, uma única bolha ou supercavidade podem tomar forma, envolvendo o objeto quase completamente, reduzindo significativamente o atrito e a resistência ao avanço.

Para que isto seja factível, o objeto em questão tem que se deslocar consideravelmente rápido - ao menos 180 km/h, ou 50 m/s.

### NOTA:

<sup>1</sup> As tarefas hoje conhecidas vão das ações de inteligência acústica, eletrônica e visual, até o serviço de "link" para sistemas de Comando, Controle, Comunicações, Computação e Inteligência (C4I), como o "Network Centric Warfare System" (NCWS).

Ressalta-se que este valor é um pouco maior do que a velocidade da maioria dos torpedos convencionais. A forma do nariz desses torpedos também tem grande influência. Analogamente à consagrada forma de gota d'água, um objeto supercavitante necessita de um nariz liso. Então, em velocidades elevadas, o líquido é forçado a fluir para fora da borda do nariz com tal velocidade e em tal ângulo que não consegue envolver-se em torno da superfície do corpo. Um corpo supercavitante tem o arrasto extremamente baixo, porque sua fricção de superfície quase desaparece. Ao invés de ser cercado pela água, o corpo é cercado pelo vapor de água, que tem uma viscosidade e uma densidade muito mais baixas (figura 1).

Assim, em um veículo supercavitante, somente o nariz do objeto causa um arrasto significativo, porque este é, virtualmente, a única parte do corpo em contato com água.

O arrasto total reduz-se enormemente uma vez atingido o regime supercavitante, e a magnitude do aumento com o da velocidade obedece a uma relação direta. Embora tal fenômeno ainda não esteja totalmente esclarecido pelos cientistas, seus efeitos são perceptíveis. Com grande parcela do arrasto eliminada, torna-se possível o desenvolvimento de velocidades muito elevadas.

### A concepção das naves submarinas de alta velocidade

Não apenas a Rússia, mas também os EUA, por meio do seu Centro de Pesquisas de Guerra Anti-Submarino (NUWC), localizado em Newport, Rhode Island, vêm empreendendo pesquisas desde a

Guerra Fria no sentido de desenvolver um veículo submarino que possa atingir velocidades dentro da faixa supercavitante.

Especialistas envolvidos no projeto do submarino supercavitante da NUWC ("Manta Project") sustentam que o grande desafio está em controlar a plataforma que opera dentro de um regime supercavitante. Testes preliminares conduzidos com um modelo em túnel demonstraram ser indesejável que qualquer apêndice do casco, como lemes ou hidrofólios, tenha contato com a água além do próprio "nariz", face ao aumento do arrasto. Mas essa é a solução de compromisso para conseguir a estabilidade durante o regime supercavitante. Há que se considerar, também, os efeitos nocivos da perda de sustentação ("stall"), fenômeno conhecido em aeronaves que voam a velocidades supersônicas.

### Uma Visão Prospectiva das Operações Anti-Submarino

O advento de um veículo militar com tais características traria como consequência a transformação completa da dinâmica e dos conceitos a respeito da guerra anti-submarina. Estratégias embasadas em operações de reconhecimento e acompanhamento se tornariam ultrapassadas, e dariam lugar a outras como, por exemplo, incursões rápidas, de curto alcance, seguidas de ataque e evasão em alta velocidade, sem que haja tempo de reação por parte do inimigo, maximizando o fator surpresa.

Nas futuras interações, estima-se que o tempo passe a ser um fator primordial para o Comandante de uma Força que transita em área sob oposição de submarinos superca-

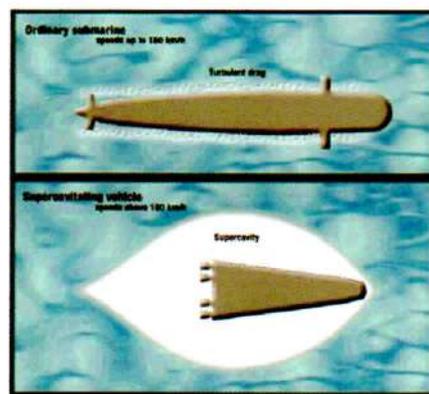


Figura 1: comparação entre os arrastos dos veículos submarinos

vitantes, demandando, provavelmente, o estudo de dispositivos de defesa A/S em profundidade e o advento de respostas pré-planejadas.

Os submarinos, por sua vez, agiriam à semelhança de interceptadores submersos, provavelmente atuando a partir de um navio-mãe, como "raides submarinos". Esse navio tem sido idealizado, segundo especialistas, como um "porta-submarinos" nuclear, ou mesmo um grande Tender, quer submersível, quer de superfície, quer uma base submersa, cuja concepção sempre povoou os autores de ficção desde Julio Verne.

### Críticas ao Projeto

Há inúmeros ceticismos a um projeto dessa natureza. Questiona-se se seria exequível o controle de submarinos supercavitantes em águas rasas, assim como nas proximidades de relevos salientes, como maciços ou vulcões submersos. A menos que a manobra da plataforma seja exercida por métodos não convencionais, o uso de superfícies de controle, como lemes, implicaria no estabelecimento de rígidos envelopes de segurança, incompatíveis com o trânsito nesses locais, ao menos no

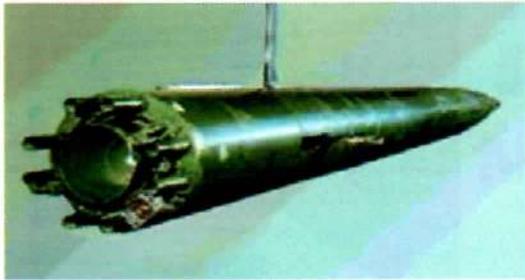


Figura 2: o torpedo russo Shkval

regime supercavitante. A precisão requerida para a navegação, por outra, seria inexecutável com o uso dos métodos atualmente empregados a bordo.

O segundo ceticismo recai sobre o uso dos sensores passivos. Estimase que as velocidades supercavitantes degradem de forma inaceitável a capacidade de detecção sonar. Não obstante, nada se sabe a respeito do nível de ruído irradiado por uma plataforma supercavitante. Assim, pode-se inferir que o melhor sensor para esses veículos seja um sonar ativo de alta frequência, baseado em *doppler*. A indiscrição cometida seria considerada aceitável, em face da velocidade com que as ações seriam executadas, sobretudo porque o cumprimento de manobras evasivas subseqüentes ficaria bastante facilitado.

Por fim, parece evidente que fica virtualmente impossível disparar quaisquer armas submarinas durante o regime supercavitante, o que limita a vantagem tática da alta velocidade durante uma "interceptação" para ataque. Quaisquer tentativas de engajamento implicariam inexoravelmente em uma forte desaceleração da plataforma para efetuar o disparo, quer torpédico, quer de mísseis.

### Os torpedos supercavitantes

Os russos deram a partida no desenvolvimento de armas de alta

velocidade. Os estudos foram iniciados nos anos 60, quando Mikhail Merkulov, projetista-chefe do Instituto de Pesquisa Nii-24, foi instruído a projetar um míssil submerso de elevada velocidade para contrapor aos submarinos nucleares dos EUA.

Em 1977, um torpedo de alta velocidade, batizado de *Shkval*, entrou em operação para a então marinha soviética. Foi concebido para emprego anti-submarino de curta distância, visando prover os submarinos com um sistema de defesa antecipada, capaz de assegurar uma rápida reação no caso da ameaça norte-americana permanecer indetetada.

O *Shkval* tem um alcance eficaz de aproximadamente 7.500 jardas. Disparado aparentemente pelos tubos de torpedo de 533mm, a arma sai do tubo com 50 nós, e após atingir uma distância segura, seu foguete é acionado, propelindo o torpedo numa velocidade supercavitante de 360 km/h (aproximadamente 100 m/s ou 200 nós), três ou quatro vezes mais rapidamente que os torpedos convencionais. Armado com uma carga nuclear tática, destruiria o submarino hostil, assim como eventuais torpedos inimigos (figura 2).

Os torpedos de alta velocidade concretizam no presente a principal aplicação militar do uso da supercavitação. Seu emprego tático pode impor às forças navais do adversário uma desvantagem considerável, maximizando a capacidade dissuasória dos submarinos, especialmente porque ainda não há nenhuma contramedida conhecida para essa arma. Contudo, por limitações impostas pelo regime super-

cavitante, as forças navais de superfície são aparentemente imunes ao *Shkval*, uma vez que parece inexecutável sua trajetória próxima à superfície.

### Conclusão

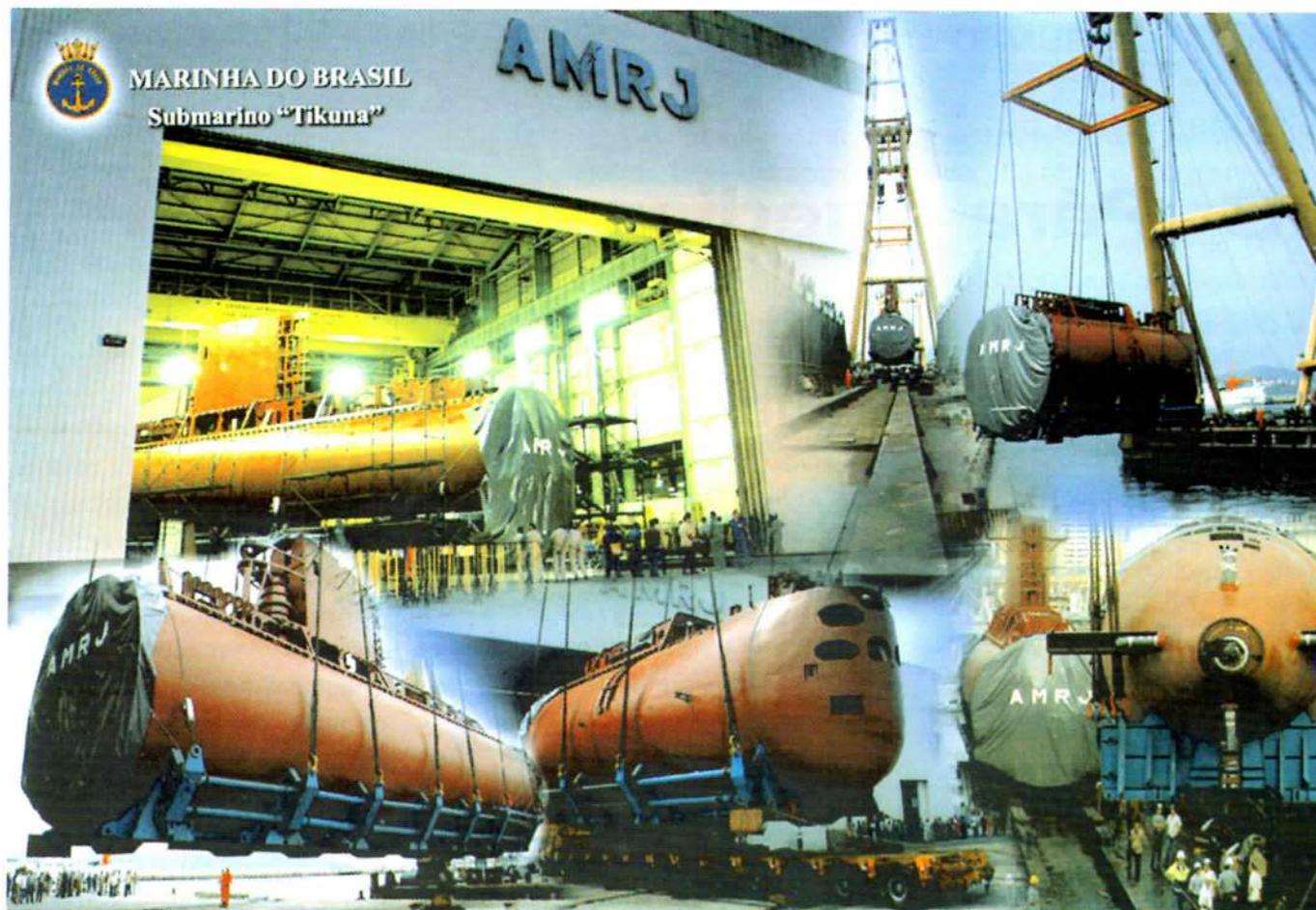
A supercavitação é um fenômeno estudado há 40 anos. Suas potencialidades têm sido exploradas pelos especialistas em face da chance de desenvolvimento de velocidades submersas da ordem de 60 nós. Isto somente é possível em virtude da geração de uma bolsa de vapor d'água que envolve o objeto e, conseqüentemente, da virtual eliminação do arrasto.

Os veículos supercavitantes poderão vir a representar vantagens táticas futuras. Contudo, por não se conhecer maiores detalhes (em especial o projeto "Manta", da NUWC), pelas dificuldades compreensíveis em obter-se um controle aceitável da plataforma com acessórios convencionais durante o regime supercavitante e pelos inúmeros ceticismos que cercam esse projeto, dentre os quais, a degradação de sua condição *stealth* e do seu poder combatente, pode-se dizer que os submarinos supercavitantes ainda estão mais para romances de ficção científica do que para sua efetiva aplicação em algum Poder Naval.

Por outro lado, os torpedos supercavitantes são uma materialização de um projeto estratégico que remonta à época da Guerra Fria, conferindo um substancial poder dissuasório no tocante ao ambiente submarino em favor da marinha russa.

*CF Demby atualmente serve no Comando da Força de Submarinos.*

# MTU, confiável até debaixo d'água.



A MTU DO BRASIL sente-se honrada em fazer parte do projeto "Submarino TIKUNA", aliando-se às inovações tecnológicas concebidas pela Marinha do Brasil.



DaimlerChrysler Off-Highway

#### **MTU do Brasil Ltda.**

Via Anhanguera Km 29 - São Paulo - SP  
05276-000 - SP - Brasil  
Tel.: (11) 3915-8900 - Fax: (11) 3915-8901  
E-mail: [mtu@mtu.com.br](mailto:mtu@mtu.com.br)  
[www.mtu.com.br](http://www.mtu.com.br)

#### **ESCRITÓRIOS ESTADUAIS**

**Rio de Janeiro - RJ**  
Av. Rio Branco, 123 Salas 708 / 711 - Centro  
20040-045 - Rio de Janeiro RJ  
tel.: (21) 2509-6459 / 2507-3611  
fax: (21) 2253-7582  
e-mail: [mturj@mtu.com.br](mailto:mturj@mtu.com.br)

**Itabira - MG**  
Serra do Esmeril - S/N - Zona Rural  
35900-900 - Itabira - MG  
tel / fax: (31) 3834-6401  
celular: (31) 9979-4426  
e-mail: [marcio.etrusco@mtu.com.br](mailto:marcio.etrusco@mtu.com.br)

**Belém - PA**  
Av. Conselheiro Furtado, 2865  
Ed. Síntese 21 - Sala 606  
66023-000 - Bairro São Braz - Belém - PA  
tel / fax: (91) 249-2455  
celular: (91) 9114 -5576  
e-mail: [juarez.botelho@mtu.com.br](mailto:juarez.botelho@mtu.com.br)

"2004 – O GRUMEC bate o recorde de salto a grande altitude. 30000 pés."



## O Pára-quedaismo

■ Capitão-de-Fragata ( RM1 )  
Thetonio Chagas Toscano de Britto

## e a Força de Submarinos



Lá se vão quase 33 anos. Em dezembro de 1972, Serra, os sargentos Braga, Severino, Ozino e eu, desembarcamos em Toulon, França, para matrícula no curso de "Nageur de Combat" da Marinha Francesa. Ocorre que, na primeira parte do curso, os alunos cursavam o correspondente ao

nosso mergulho autônomo, e todos nós já éramos escafandristas. Na verdade, Serra e Braga já possuíam a qualificação UDT, obtida na Marinha Americana.

Então, foi-nos formulada uma pergunta: se éramos pára-quadistas. Claro que não! Somente o pessoal Fuzileiro Naval podia cursar pára-quedaismo naquela época. Todos os alunos candidatos ao curso de "Nageur de Combat" deveriam ser pára-quadistas, pois os exercícios de fim de curso incluíam infiltração por este meio.

Fizemos as malas. A bem dizer, quase não tivemos tempo de

desarrumá-las, e fomos nos apresentar à Escola de Tropas Aerotransportadas do Exército Francês, na cidade de Pau. Chegamos à noite e o TFM do dia seguinte nos reservou a surpresa de muita neve no chão. Realizamos seis saltos armados e "mochilados" durante o curso, salto noturno e, posteriormente, na Córsega, mais quatro saltos na água com a Legião Estrangeira.

Após este pequeno resumo, creio que já posso chegar ao Brasil no ano de 1973, quando começamos a montar, na Escola de Submarinos, o Curso Especial de Mergulhador de Combate para Oficiais e Praças. Nessa mesma época, chegava da Marinha Americana o Prado, que realizara curso similar e, também, se "brevetara" pára-quadista. Uma pequena observação: enquanto os franceses fazem o curso de PQD antes do de Mergulhador de Combate, os Americanos o fazem depois.

Começava, então, naquela ocasião, uma verdadeira "guerra" entre os Navais e os MEC. Aqueles não viam necessidade de os MEC serem pára-quadistas. Isto tomou um



certo tempo até que, alguns anos depois, o Prado e eu nos requalificamos no CFN. Assim, finalmente, abriram-se as portas do pára-quedismo para os MEC.

A partir daí, fizemos o curso de salto livre e conseguimos a primeira vaga para um mergulhador de Combate em um curso do Exército Brasileiro, foi o sargento Mendes, hoje SO na reserva. A cerimônia de formatura na Brigada Pára-quedista encheu-nos de orgulho. Quanto ao curso de salto livre, os Navais nunca nos perdoaram por termos conseguido as duas primeiras colocações!

Em determinado ponto dessa história, concentramos o nosso foco sobre o salto na água. Vislumbrávamos operações com submarinos nos recolhendo em alto mar. E assim foi. Em maio de 1982, conseguimos realizar um salto na água com o PARASAR da FAB. Eles nunca haviam feito esse tipo de salto. Tínhamos obtido a experiência nos saltos na França. O material, eram eles quem possuíam. Como tudo era novidade, assim como para a Brigada do EB, era razoável supor que este era o primeiro salto na água realizado entre as Forças. Fizemos o salto em frente às Ilhas Tijucas, no litoral do Rio de Janeiro, e à exceção de um choque do bote de borracha no leme do Búfalo, correu tudo muito bem.

Posteriormente, realizamos salto semelhante com o pessoal da Brigada, em São Pedro. E também com o equipamento deles!

Em setembro do mesmo 1982, um sonho de combatente realizou-se. Saltamos a 20 milhas da costa, ao largo de Cabo Frio, para um

encontro com o Submarino Goiás. Era o tiro de partida para uma Operação Unitas.

Em junho de 1984, realizamos o primeiro salto noturno na água a partir de helicóptero, na lagoa de Araruama, em frente a Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

A partir daí, novos MEC pára-quedistas e muitos saltos até chegarmos aos dias de hoje, com esta qualificação consolidada como inerente e extremamente importante para a atividade dos Mergulhadores de Combate. Desde 1973, nossa tarefa era manter a porta aberta para

que, hoje, orgulhosamente, possamos dizer que o recorde de altitude em salto pertence aos Mergulhadores de Combate. Na nossa esteira vieram Bruno, Conde, Caiado, Roberto, Rollemberg e os praças Moraes, Elsantos, Araújo, Brandão, Francine e vários outros.

Ao encerrar, gostaria de prestar homenagem ao Serra e ao CMG Jaccoud. Muito embora Serra não tenha tido oportunidade de “curtir” o período de Operações, sua dedicação para conseguir o curso na França foi determinante. Isto sem falar que, como UDT e instrutor de mergulho, deixou-nos um grande legado, em uma época em que alunos EK faziam reconhecimento de praia nas operações Dragão. O CMG Jaccoud, à frente da Escola, não poupou esforços para que tudo fosse conseguido. Também a eles, os MEC devem muito.

---

*CF Toscano cursou “ NAGEUR DE COMBAT” na Marinha francesa em 1972, sendo o terceiro oficial Mergulhador de Combate da Marinha do Brasil.*





## Sistemas de Combate para Submarinos

# Uma perspectiva do operador

- Revista Naval Forces nr 1/1998  
Tradução: Capitão-Tenente  
Christian D. Hingst

Os sistemas de combate de submarinos estão em voga desde a década de 1980, mas a vasta maioria dos submarinos em serviço ainda opera com antiquados sistemas *stand-alone* ( sistemas estanques, sem integração em rede ), e, ainda assim, constituem uma ameaça considerável. Este artigo discutirá a necessidade de sistemas de combate, apresentará um sistema virtual de combate, suas funções e descreverá os principais requisitos esperados de tais sistemas.

Os precursores dos sistemas de combate altamente integrados de hoje foram, inicialmente, empregados nos submarinos nucleares, em função da disponibilidade destes em atender os requisitos de peso, volume e consumo de energia exigidos por tais equipamentos. Durante a década de 1980, entretanto, os progressos no campo da eletrônica possibilitaram o desenvolvimento de sistemas de combate mais simples, com baixo consumo de energia, adequados para equipar os pequenos submarinos convencionais, de modo que a maioria dos submarinos que entraram em serviço na década de 1990, já eram dotados de sistemas de combate "razoavelmente" integrados. Assim sendo, estas unidades deixaram de ser inferiores a seus primos nucleares, neste aspecto. Por outro lado, isto significa



que a grande maioria dos 600 submarinos em serviço ao redor do globo, em particular os cerca de 400 convencionais, ainda são dotados de equipamentos *stand alone*, e que a maioria das informações adquiridas por sensores ainda são processadas e correlacionadas por operadores, por meio de técnicas de régua e plotagens gráficas. As trocas de informações entre tais equipamentos ainda seriam realizadas por interfaces específicas, ou mesmo a viva voz.

Contudo, mesmo o mais obsoleto destes submarinos ainda constitui grande ameaça para qualquer unidade de superfície. Dito isto, o que se ganharia, então, com o emprego de modernos sistemas de combate

nestas unidades? Em primeiro lugar, é preciso notar que um sistema de combate de grande porte, para todas as contingências, seria tão supérfluo quanto um jipe "Land Rover" para pequenos deslocamentos em áreas urbanas, onde um pequeno carro popular seria suficiente. Submarinos costeiros operando defensivamente em águas domésticas podem aproveitar-se de fatores geográficos, topográficos, oceanográficos e ambientais, combinadamente, de modo a apresentar um relevante problema técnico e tático para unidades AS inimigas. Podem, inclusive, operar com a proteção de cobertura aérea e/ou terrestre-costeira, possibilitando o emprego de seu armamento sem se expôr à

ameaças consideráveis. Para tal contexto de emprego, um sistema de combate simplificado, concebido para um arranjo específico de sensores ou sonar de alta performance, capazes de acompanhar múltiplos contatos, dotados de processamento de sinais e análise espectral e etc. seria perfeitamente adequado. As vantagens de sistemas assim seriam o baixo custo de aquisição e a possibilidade de instalação em espaços mais restritos, combinada com guarnecimento reduzido de pessoal.

O verdadeiro poderio de um moderno sistema de grande porte torna-se eficiente nas chamadas “águas azuis”, bem como em vastas águas litorâneas, onde prevalecem grandes distâncias de detecção, tanto para submarinos quanto para navios de superfície. Sonares passivos de baixa frequência, múltiplas informações provenientes de sensores orgânicos e vetoráveis, bem como complexos perfis de missão causam uma explosão de contatos e alvos. Isto constitui um apreciável desafio para qualquer tripulação em termos de seleção e correlação de alvos, levando a uma óbvia necessidade de apoio por sistemas de combate eficazes. Além disto, armas como torpedos de longa distância guiados a cabo e mísseis anti-navio vieram adicionar uma nova dimensão à guerra submarina.

### Um sistema virtual de combate

Um sistema de combate no estado da arte seria concebido em rede local (LAN), com flexibilidade de arquitetura aberta, dispondo de processamento de dados bem como de consoles multi-tarefa de operação, orientados para interação otimizada



com o operador, como parte funcional do sistema. Armas e sensores típicos para integração em sistemas avançados a bordo de submarinos incluiriam:

- Arranjo sonar cilíndrico/conformal integrado à seção de proa; detecção passiva em bandas larga e estreita, tipicamente entre 1 e 10 kHz; processamento DEMON para detecção, classificação e acompanhamento de alvos; acompanhamento automático de múltiplos contatos por meio de informações tonais e de amplitude; análise de movimento de alvo.
- Sonar ativo com frequência média acima de 2 kHz e técnicas especiais de “ping” otimizadas para operações com submarinos, utilizadas principalmente para situações especiais visando determinar informações precisas de alvos.
- Arranjo sonar de costado ( flank array ) para detecção passiva tipicamente até 2000 Hz. Detecção, classificação e acompanhamento de alvos na extremidade mais

baixa do espectro de frequência. Ambigüidades BE/BB solucionadas por meio de manobra. Análise de movimento de alvo.

- Sonar de interceptação para vigilância passiva e classificação de transmissões de sonares ativos em frequências situadas entre 1 e 100 kHz, com detecção, acompanhamento e análise automáticos, bem como alarme anti-torpedico.
- Sonar anti-mina, para detecção ativa de minas e obstáculos, bem como para navegação submarina. Frequências acima de 50 kHz.
- Sonar de telemetria passiva (PRS) para estima de rumo, velocidade e distância de alvos com utilização de curvatura de frente de onda. Poderia ser utilizado como detecção redundante. Frequências típicas de 1 a 10 kHz.
- Sistemas de medição de temperatura e velocidade do som seriam utilizados para ajuste de sonar às condições locais de propagação.
- Monitoramento de ruídos próprios,

provendo informações quanto ao status acústico da própria plataforma (cavitação, ruídos hidrodinâmicos etc.)

- Sensores de orientação, como GPS, odômetro, agulha giroscópica e ecobatímetro, para navegação, operação de armamentos e correlação de dados.

- Link de dados para troca automática de dados táticos, bem como para coordenação das múltiplas unidades participantes de uma operação.

- Radar de navegação com características de navio mercante, utilizável para detecção de alvos em situações especiais.

- MAGE para alarme e avaliação de ameaças com capacidade de classificação automática, para acompanhamento de alvos selecionados.

- Periscópio/mastro oprônico para vigilância, atualização de dados de contatos e ataque.

- Armamentos:

- Torpedos pesados de duplo emprego, para engajamento sub-sub e anti-superfície de longa distância, com alcance acima de 20 milhas náuticas; atualização de dados para torpedo em corrida.

- Mísseis anti-navio de longa distância, para condições de informações confiáveis de alvos. (Sem possibilidade de atualização de dados em vôo.)

- Defesa contra helicópteros, com mísseis guiados ou "homing" dentro do alcance de detecção dos VDS utilizados por aeronaves A/S.

- Contra-medidas torpédicas, para armas pesadas ou leves, com tempos curtíssimos de reação.

- Minas para lançamentos em áreas rasas costeiras.

Entretanto, a multiplicidade de sensores, utilizando diferentes princípios de detecção, não necessariamente levam a uma condição de transparência de quadros táticos ou controle eficaz de armas em particular. Na verdade, seria a integração entre sistemas de gerenciamento amplo de dados, combinados com interfaces homem-máquina eficientes, visando a determinação de um quadro preciso dos ambientes submarino e de superfície. Sistemas integrados fazem exatamente isto, de modo que suas funções são geralmente divididas em três áreas principais:

- Integração de dados de sensores
- Comando e Controle, e
- Controle de armas.

#### Requisitos para sistemas de combate integrados

Hoje em dia, a tecnologia é capaz de praticamente qualquer coisa, e existem tantas variedades disponíveis no mercado que, em última análise, cabe ao cliente determinar o escopo e performance que deseja para o seu sistema de combate. Ao fazer isto, ele deve considerar cuidadosamente a interface Homem-Máquina, de modo que seus operadores possam dominar o uso de todas as funções disponíveis, e possam apoiar construtivamente o processamento automático de dados.

Requisitos básicos técnicos e funcionais poderiam incluir:

- Arquitetura redundante e

distribuída, composta de uma série de consoles multi-funcionais, interconectados por rede local de alta velocidade. Esta arquitetura permite flexibilidade para integração de sensores e armas e facilidades para eventuais "upgrades".

- O hardware deve ser tão aberto quanto possível, com alta taxa de repetição de componentes, de modo que a quantidade de diferentes tipos de sobressalentes seja a menor possível. A meta seria facilitar a manutenção a um mínimo – ou nenhuma – a ser feita por bordo.

- O hardware e software devem ser organizados em estrutura de camadas, com aplicativo software por cima. A estrutura do software deve ser orientada pela tarefa a que se destina, para interface otimizada com o operador. Um alto grau de modularidade e máximo uso de softwares comerciais assegurariam uma manutenção simples e fácil.

- Para redundância e flexibilidade de distribuição de esforços, todos os consoles devem ser capazes de apresentar quaisquer funções a qualquer momento.

- O sistema deve permitir adestramento de operadores por meio de simulações a bordo, mesmo que com os demais consoles em operação normal.

- Uso de telas de cristal líquido, que permitem menor consumo de energia e melhor aproveitamento de espaço, possibilitando amplas apresentações.

- Uso de cartas de navegação eletrônicas como componentes integrados, juntamente com navegação inercial e GPS.

Os sistemas de combate estão sempre em estado de desenvolvimento. A tecnologia de

informática desenvolve-se a passos rápidos, mas grandes progressos são esperados no campo da inteligência artificial. Isto, juntamente com poderosos bancos de dados, tornará possível o incremento de automação nos processos de identificação e classificação, reduzindo a carga de trabalho sobre o operador.

#### Conclusão

O melhor sistema de combate do mundo será limitado, se seus operadores não souberem utilizá-lo de forma otimizada, isto é, não forem capazes de empregar as funções certas nos momentos certos, de

acordo com o cenário vigente. Um requisito fundamental para isto é que todos os operadores sejam altamente treinados no maior número possível de funções. Entretanto, o que é realmente crucial é o trabalho de equipe. Assim sendo, treinos em equipe são fundamentais, e devem ser realizados em intervalos regulares, principalmente em situações de mudança de pessoal, docagens ou períodos de reparo. A melhor solução seria estabelecer uma instalação de treinamento em terra, onde todas as funções primordiais do sistema pudessem ser satisfatoriamente simuladas.

A decisão de escolha por um sistema mais ou menos complexo deve levar em consideração a possibilidade de se manter, a longo prazo a eficiência do sistema homem-máquina. Assim, é fundamental avaliar-se o pessoal disponível e suas qualificações. Sendo necessário, os fabricantes devem ser solicitados para eventuais adaptações e alterações nos sistemas, de modo a adequá-los aos requisitos estabelecidos, uma vez que já existe a possibilidade de que sistemas do mesmo tipo não sejam absolutamente idênticos.

*CT Hingst serve atualmente no Submarino Tamoio.*

---

## **MAN Ferrostaal do Brasil Com. e Ind. Ltda.**

**Há mais de 30 anos participando do  
crescimento do Poder Naval Brasileiro**

**Submarinos Classe "TUPI"**

**Corvetas Classe "INHAÚMA"**

**Navios Varredores Classe "ARATU"**

Filial Rio de Janeiro: Rua Voluntários da Pátria 301 / 701 - 22270-000 Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
Tel.: (21) 2537-9020 - Fax: (21) 2537-8774 - [www.manferrostaal.com](http://www.manferrostaal.com)

---

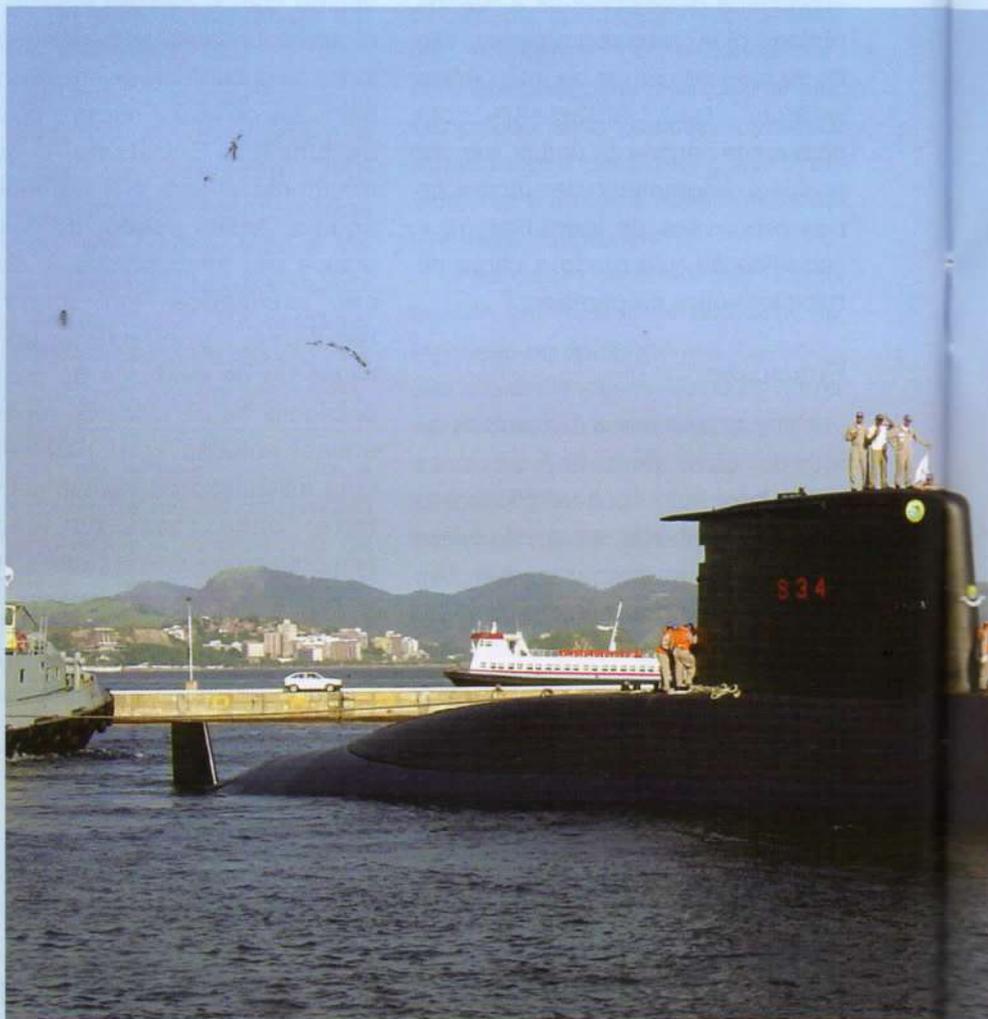
# Submarino Tikuna - o mais novo



O S. Tikuna é o quarto de uma série de submarinos construídos no Brasil, dentro da estratégia da Marinha do Brasil, visando atingir o domínio completo da tríade PROJETO, CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO desses meios navais.

O projeto incorpora diversas inovações tecnológicas concebidas por engenheiros brasileiros ao projeto original do IKL-209, objetivando a redução dos níveis de ruído e do tempo de exposição do navio durante operações de recarga de baterias com o navio esnorqueando.

Cumpre ressaltar que os resultados obtidos são fruto de tecnologia brasileira, cuja difusão tem contribuído para a capacitação da indústria nacional para a execução de outros projetos navais, além da geração de empregos diretos e indiretos.



Comprimento Total	61,20 m
Diâmetro do Casco	6,20 m
Deslocamento na Superfície	1.400 t
Deslocamento Submerso	1.550 t
Velocidade	Acima de 20 nós
Profundidade de Operação	Superior a 200 m
Armamento	8 tubos lançadores de torpedos
Propulsão	Diesel-elétrica, 480 elementos de baterias, motor elétrico e 1 propulsor
Tripulação	7 oficiais e 29 praças
Baixa Emissão de Ruído	

# Submarino da Marinha do Brasil



3 Fabricação de componentes de máquinas;

4 Pré-acabamento (Pré-outfitting). Instalação preliminar de diversos equipamentos e sistemas para a realização de tarefas intermediárias necessárias à sua instalação final;

5 Acabamento (outfitting). Instalação de equipamentos e sistemas de bordo, prontos para serem testados; e

6 União das seções e lançamento. Após o transporte das seções do interior da oficina de construção para o dique flutuante, as seções são unidas por soldagem e o submarino é lançado ao mar.



## FASES DA CONSTRUÇÃO

A tecnologia de construção de submarinos implantada no AMRJ denomina-se construção por acabamento avançado, consistindo das seguintes fases principais:

1 Construção do casco resistente (CR) em seções. O CR é a parte da estrutura que fica submetida à pressão hidrostática do mar e dentro do qual ficam a tripulação e os principais equipamentos;



2 Fabricação do casco não-resistente (CNR), conveses e componentes estruturais. O CNR, que não está submetido à pressão hidrostática, dá forma hidrodinâmica ao navio, acomoda os equipamentos externos tais como válvulas, equipamentos do sistema de amarração e fundeio, antenas e bóias de salvamento e abriga os tanques de lastro;



Nas provas de cais os equipamentos e sistemas são testados, à exceção daqueles que requerem a navegação do submarino (ligados a sensores e armamento). Nas provas de mar, a unidade integrada é posta à prova em seu ambiente de operação. Nessa oportunidade, o submarino é levado ao limite de sua capacidade, velocidade e profundidade, sendo verificado todos os seus sistemas.



# A diminuição das fontes de Hélio

## umenta a preocupação sobre custos e recuperação

■ Autor: Howie Doyle, UnderWater Magazine Article Reprint. 2002

Tradução: Capitão-Tenente  
Paulo Antonio Santos Siqueira

Para um elemento que é tão abundante, a disponibilidade do gás hélio é limitada. Por ser um dos pilares da indústria comercial do mergulho, existe uma preocupação sobre o efeito que a redução das fontes terá na economia do mergulho profundo num futuro próximo.

Os cientistas dizem que o hélio representa 25% do universo, o que o torna o elemento mais abundante, a exceção do hidrogênio. Todo gás natural contém alguma quantidade de hélio, e este hélio que está em nossos balões de festas e nas câmaras de nossos mergulhadores foi extraído do gás natural.

A bomba de hidrogênio gera sua energia através da fusão do hidrogênio em hélio, e é elemento abundante nas reações nucleares que abastecem o Sol e as estrelas. Entretanto, aqui na Terra, quantidades mínimas do hélio são finitas e vêm diminuindo. Ainda que o ar que nós respiramos possua uma molécula de hélio para 200.000 moléculas de ar (0,0005%), a extração comercial do hélio requer concentrações muito mais elevadas, na faixa de 0,5% a 1%, para que seja economicamente viável.

### Hélio no Mergulho Profundo

O hélio foi utilizado pela primeira vez como substituto para o nitrogênio, em 1912, pela Marinha dos Estados Unidos, e seu primeiro grande sucesso ocorreu em 1939 quando foi utilizado no mergulho de

salvamento do "USS Squalus" a uma profundidade de 243 pés (74m). Pelo fato do nitrogênio ser tóxico ao sistema nervoso central em pressões parciais elevadas, logo se percebeu que uma mistura diferente de gases traria vantagens que permitiriam que os mergulhadores permanecessem no fundo por mais tempo e com uma segurança maior.

*"Por enquanto os locais com melhor produção são encontrados atualmente em alguns campos de gás natural dos Estados Unidos que estão se esgotando, e os dados indicam que as próximas fontes com melhor custo-benefício estão nos outros continentes"*

Entretanto, o hélio é um condutor muito eficiente de calor, isto significa que se o mergulhador não for mantido aquecido, ele perderá calor rapidamente. Um outro problema é o efeito que tem na fala do mergulhador, que resultou no desenvolvimento de muitos dispositivos especiais de comunicações ao longo dos anos para corrigir a mudança no tom de voz que é causada pela rápida vibração das cordas vocais.

Houve uma época em que o hélio era tratado como um artigo

descartável. Considerava-se ser relativamente abundante e barato, e pouca importância foi dada na conservação do gás. Em uma apresentação feita por Richard Lemak na convenção "Air Products Underwater Intervention 2002", ele indicou que os custos do hélio dos Estados Unidos dobrariam em três anos. A principal razão deste aumento foi o Ato nº 1.996 do Governo Federal americano, de privatização do hélio, que o levou a vender suas reservas de hélio a preços consideravelmente mais altos do que os encontrados no setor privado. De acordo com Lemak: "Por enquanto os locais com melhor produção são encontrados atualmente em alguns campos de gás natural dos Estados Unidos que estão se esgotando, e os dados indicam que as próximas fontes com melhor custo-benefício estão nos outros continentes".

Atualmente, mais de 80% da oferta de hélio do mundo provém dos Estados Unidos. A maior parte dos campos estão localizados no Texas, em Oklahoma, e no Kansas, embora algumas descobertas promissoras estejam sendo pesquisadas em outros Estados.

As maiores aplicações do hélio são para uso em balões meteorológicos, dirigíveis e como gás de proteção em alguns processos especiais de solda, etc. O uso do hélio nas atividades de mergulho representa apenas 2% do mercado

comercial. Isto significa que a indústria comercial do mergulho está mais para seguir o preço do mercado do que para controlá-lo.

Parece haver uma disparidade na recuperação do hélio pelas empresas “offshore” do Golfo do México, em comparação com aquelas que operam no Mar do Norte. A relevância dessa disparidade parece ser subjetiva, mas todas as empresas “offshore” reconhecem a diminuição das fontes e a pressão ascendente nos preços de mercado.

“Nos últimos 15 anos não houve nenhum mergulho saturado realizado no Mar do Norte sem a recuperação tanto do gás utilizado pelos mergulhadores, como do gás usado nas câmaras”, declarou Derek Clarke da Divex (Reino Unido). “As condições de mercado aqui são tais que nenhum contratante seria competitivo sem que fosse feita a recuperação, porque o gás não é um artigo reciclável na atmosfera”. Clarke prossegue: “Nossa percepção é que, quando a recuperação do gás do mergulhador se transformar em norma no Golfo, não será nenhum presente, pois alguns contratos ainda são feitos com cláusulas de reembolso. Nessa situação, o consumo do gás é uma fonte da renda para o contratante porque eles cobram do cliente na base do custo extra pela quantidade do gás consumido. Quase nenhuma recuperação do hélio das câmaras é feita, por isso o consumo relativo do gás é mais elevado no Golfo do que no Mar do Norte”.

Quando perguntado sobre a questão da recuperação do hélio, Bob Merriman da “Global Industries” disse: “A recuperação do hélio é largamente utilizada no Golfo do México. Todos os nossos sistemas de mergulho saturado são equipados com o sistema de recuperação do gás do

mergulhador”. Ele complementa que as empresas não recuperam o gás da câmara. “O pessoal do Mar do Norte recupera o gás da câmara muito mais do que nós aqui. A razão pela qual nós não recuperamos sempre o gás da câmara é que a maioria dos nossos sistemas não possui capacidade para o armazenamento desse gás a bordo. Nós alugamos “racks” de ampolas do gás na maioria de nossos trabalhos, e estes “racks” são devolvidos ao fornecedor após o trabalho, desta forma, mesmo que tivéssemos recuperado o gás da câmara nós o perderíamos, e ainda teríamos de pagar uma taxa de limpeza porque os “racks” estariam contaminados com oxigênio”. Merriman explica que a recuperação do gás do mergulhador usada no Golfo do México é a mesma usada no Mar do Norte. “É, de fato, não é um sistema de recuperação completo. É um sistema de circuito fechado que traz o gás exalado do mergulhador para a superfície através de uma mangueira. São retirados o CO<sub>2</sub> e a umidade, o O<sub>2</sub> é injetado, e o gás é novamente bombeado para o mergulhador. Este gás é usado repetidamente durante o trabalho, sendo re completada apenas uma pequena parte do gás perdido no mergulho”. Merriman afirma que o sistema reduziu o consumo do gás do mergulhador em 85% a 95%, mas o gás não está sendo de fato recuperado, apenas reutilizado. “É conhecido como um sistema de recuperação de gás, entretanto, ele adiciona”.

Mas quanto hélio precioso é perdido quando o gás do mergulhador é liberado no fim de um trabalho? “Não é muito”, responde Merriman. “Normalmente menos de 1.000ft<sup>3</sup>, que corresponde a pouco mais de 100 dólares. Mantê-lo seria pouco prático a não ser que fosse

uma mistura apropriada para o trabalho seguinte. Mas a unidade reprocessadora necessita de manutenção e limpeza. Se o trabalho seguinte for a uma profundidade similar e acontecer rapidamente, então o gás não seria desprezado, e prosseguiria em uso para o trabalho seguinte”.

Obviamente, a importância econômica da recuperação do hélio varia de acordo com as condições de mercado locais e globais. Mas uma coisa é certa: há uma quantidade finita de hélio no planeta. O elemento é formado nos processos de deterioração de radioativos que têm ocorrido na crosta da Terra há bilhões de anos, e não pode ser sintetizado.

De acordo com Lemak: “Pelo fato da fonte de hélio do mundo ser finita e insubstituível, nós temos apenas três opções para aumentar sua disponibilidade global: encontrar novas fontes onde a extração seja economicamente viável; desenvolver métodos mais eficazes para a recuperação; e reciclar e conservar o hélio”.



Notas do tradutor:

O NSS “Felinto Perry” é capaz de recuperar e depurar os gases utilizados nas saturações. O navio tem capacidade para armazenar 13.200m<sup>3</sup> de misturas gasosas. Numa saturação recupera-se cerca de 72% do hélio utilizado, cujo valor de mercado do metro cúbico está na ordem de R\$ 45,00.

# Síntese de Doutrina de Segurança para Projeto e Operação de Submarinos Nucleares

■ *Capitão-de-Mar-e-Guerra(EN)*

*Leonam dos Santos Guimarães*

*Prof. Dr. Hernani Luiz Brinati*

*Prof. Dr. Jorge Pinheiro da Costa Veiga*

A afirmação de que uma instalação industrial é, simultaneamente, muito perigosa e muito segura, pode não ser necessariamente contraditória. Através de padrões de segurança tão altos quanto razoavelmente praticáveis, é possível garantir que um processo potencialmente muito perigoso seja objetivamente seguro, i.e. os riscos a ele associados sejam socialmente aceitáveis.

A segurança não é absoluta. Na vida cotidiana faz-se uma série de julgamentos relativos, muitos deles inconscientes, sobre os perigos associados às possibilidades de conduzir uma determinada atividade de um modo ou de outro, como também sobre as conseqüências indesejadas que podem ser incorridas, caso não seja tomada nenhuma ação de segurança. As experiências individuais de cada pessoa, assim como o conhecimento das experiências vividas por outrem, tanto positivas como negativas, são um fator determinante dos julgamentos relativos, sendo um meio fundamental para se ganhar confiança nas decisões e atingir efetivas melhorias na segurança.

Estas idéias simples aplicam-se, integralmente, à avaliação, manutenção e melhoria da segurança dos Submarinos Nucleares de Ataque (SNA), que devem atender às necessidades operativas da Marinha sem induzir, devido às peculiaridades de sua

Instalação Propulsora Nuclear (IPN), riscos inaceitáveis para a tripulação, o pessoal de apoio logístico em terra, o público em geral e o meio ambiente.

Um navio é um veículo que opera de maneira autônoma em um ambiente que apresenta riscos que devem ser controlados. Esta realidade torna-se ainda mais crítica no caso de um SNA, para o qual o ambiente possui três dimensões. Estes riscos podem ser classificados em três categorias: acidentes internos, que podem rapidamente assumir proporções graves devido ao ambiente; riscos externos específicos ao ambiente; e riscos operativos associados ao caráter militar de seu emprego.

A natureza dos riscos apresentados pela IPN de um SNA, assim como pelas instalações de apoio logístico em terra que lhe são associadas, não é fundamentalmente diferente daquela associada às atividades nucleares civis de natureza similar. Existem, entretanto, algumas diferenças altamente relevantes, que devem ser consideradas quando estas são comparadas às instalações nucleares de potência estacionárias:

O inventário de produtos radioativos presentes num SNA é significativamente menor do que aquele de um reator de potência eletronuclear, na razão direta das potências térmicas envolvidas (50-100Mwth para reatores navais, 1800-3600 Mwth para reatores

eletronucleares). Grosso modo, isto implica que, considerando-se cenários acidentais similares, as conseqüências radiológicas seriam da ordem de 50 vezes inferiores para um SNA, quando comparado com uma central nuclear.

O ambiente "móvel" naval induz uma fonte de agressões sobre a IPN sem paralelo com o ambiente "estacionário" de uma central nuclear em terra. Essas potenciais agressões devem ser levadas em consideração, sobretudo em situações de operação do submarino dentro de instalações portuárias e nas proximidades da costa. Isto implica incluir, na base de projeto, carregamentos que são significativamente mais rigorosos que os utilizados para uma central nuclear, a qual não é submetida à mesma diversidade e intensidade de agressões.

As restrições impostas pela arquitetura naval limitam a variedade de soluções viáveis para o arranjo físico da instalação. A IPN torna-se, então, extremamente compacta, dificultando a segregação de equipamentos, suporte de tubulações e interposição de barreiras anti-mísseis, anti-fogo e para proteção contra efeitos dinâmicos de ruptura de tubulações. De forma a evitar a propagação de agressões e as falhas em modo comum, cuja ocorrência é particularmente favorecida pela arquitetura "compacta", torna-se, portanto, necessária uma análise

detalhada de suas conseqüências, cuja complexidade é seguramente maior do que as análises equivalentes para uma central nuclear, cuja arquitetura "dispersa" não impõe tais limitações.

Um reator de propulsão é projetado para funcionar como um seguidor de carga que, pelas características da missão do navio, é extremamente variável. Isto implica suportar transitórios bruscos e freqüentes sem desligamento. Conseqüentemente, as margens de projeto, construção e operação normal são significativamente maiores do que aquelas usualmente adotadas para centrais nucleares, de modo a permitir que estes transitórios sejam operacionais, i.e. não impliquem no desligamento da IPN.

Um SNA no mar só se encontra em segurança com respeito aos diversos riscos operativos e de navegação se ele puder dispor rapidamente da energia fornecida pela IPN. Isto posto, se a continuidade da geração de energia não for assegurada, em particular por razões ligadas à segurança nuclear, a manobrabilidade do navio, e conseqüentemente sua própria segurança naval, pode ser gravemente afetada. A segurança da IPN depende então da segurança da plataforma-navio do SNA, que por sua vez depende da disponibilidade da energia nuclear gerada.

Comparando os conceitos de Segurança Naval e de Segurança Nuclear, que devem ser conciliados de forma a otimizar a segurança global de um SNA, tornando os riscos associados à sua operação socialmente aceitáveis, podem-se identificar as seguintes similaridades: mesmo objetivo, i.e. evitar conseqüências indesejadas à vida humana; presença de uma

abordagem analítica; e a necessidade de desenvolver normas regulamentares em resposta a eventos inesperados e anteriormente não considerados nas análises.

Entretanto, é também identificada uma diferença básica de abordagem, que deve ser conciliada em uma abordagem de segurança única para um SNA, consistente com

**"Um SNA no mar só se encontra em segurança com respeito aos diversos riscos operativos e de navegação se ele puder dispor rapidamente da energia fornecida pela IPN. "**

a segurança da tripulação, do público e do meio ambiente: a Segurança Naval enfatiza a capacidade de sobrevivência do navio como meio de atingir seu objetivo; e a Segurança Nuclear, por outro lado, tem sua ênfase principal colocada sobre a integridade do reator e, complementarmente, sobre a integridade das barreiras físicas que contêm os produtos radioativos em caso de ocorrência de acidentes, como meio de atingir seu objetivo.

Esta abordagem unificada deve considerar que o SNA poderá situar-se em três domínios de operação distintos: Normal; Anormal, no qual o submarino somente operará involuntariamente (avaria, agressão externa, erro humano), sendo o objetivo retornar a uma condição segura; e Acidental, para o qual não se preconiza uma operação propriamente do submarino, sendo o objetivo nesta situação a execução

de procedimentos de salvaguarda ou de emergência para tornar aceitáveis as conseqüências do acidente. Assim, uma Doutrina de Segurança para os SNA deverá considerar que:

O submarino deve ser projetado, construído e operado de forma a ser dotado de características intrínsecas e de meios complementares suficientes para garantir que, na presença das três categorias de riscos:

I. a possibilidade da operação normal do navio evoluir para o domínio anormal seja extremamente reduzida;

II. a partir de uma condição de operação anormal, o navio possa retornar o mais rápido possível a uma condição segura;

III. na ocorrência de acidentes, a máxima prioridade seja dada à proteção da vida humana; isto requer que as conseqüências dos acidentes para o próprio navio sejam minimizadas, de modo a proteger sua tripulação, o público e o meio ambiente.

Esta doutrina estabelecerá que o submarino (note-se que não somente o reator, mas o submarino como um sistema que inclui o reator) deve ser projetado, construído e operado de forma a não ocorrerem liberações descontroladas de materiais radioativos. Isto implica que a integridade da plataforma-navio será de importância primária, pois a sobrevivência do submarino será em si mesmo o fator mais importante para a segurança da IPN e para a contenção e confinamento de materiais radioativos. Em situações de risco iminente, a continuidade da geração de energia nuclear deverá ser possível, mesmo que isto possa implicar em aumento dos riscos residuais de danos à IPN, de forma a evitar conseqüências graves para

a plataforma-navio e garantir a Segurança Global do SNA.

Esta necessidade deriva do fato incontestável de que um submarino manobrável, ainda que com uma IPN com alguns danos, é intrinsecamente mais seguro do que um submarino com um reator íntegro mas desligado, logo com a propulsão principal indisponível. Isto não quer dizer, sob nenhuma hipótese, que a importância da segurança nuclear seja reduzida, não sendo analisada em profundidade, nem que, por outro lado, não existam situações nas quais a segurança da IPN preceda a segurança da plataforma-navio.

Obviamente, um submarino em situações extremas, pousado inerte no fundo do mar com o reator desligado em estado seguro é uma situação mais favorável, em termos de liberação de produtos radioativos, do que um submarino, nas mesmas condições, mas com o Circuito Primário ou a estrutura de contenção rompidos. Portanto, se o funcionamento da IPN além das condições normais previstas em suas especificações técnicas não garantir o salvamento do submarino (logo também da própria IPN), o reator deverá ser compulsoriamente desligado.

Da constatação desses fatos, decorre que a segurança de um SNA fundamenta-se na otimização do conjugado disponibilidade x seguridade. Essa otimização é alcançada através de soluções de compromisso, derivadas de análises do tipo custo/benefício.

Para a maioria dos engenheiros navais e submarinistas, essa premissa deve parecer óbvia. Entretanto, a efetiva percepção da diferença que isto implica com respeito ao fundamento de otimização exclusiva da seguridade,

aplicada às instalações nucleares estacionárias, nem sempre deve parecer evidente para os técnicos de outras áreas envolvidos com o projeto, construção, operação e licenciamento dos SNA.

Com base na experiência operacional de submarinos, navios de guerra de superfície e navios mercantes nucleares até o presente,

**“... a segurança de um SNA fundamenta-se na otimização do conjugado disponibilidade x seguridade...”**

pode-se afirmar que é muito pouco provável que o comandante venha a realmente enfrentar uma situação onde tenha que decidir entre a IPN e a plataforma-navio, esta última incluindo sua tripulação.

Entretanto, esta possibilidade existe e será justamente a aplicação de uma doutrina de segurança adaptada a essas circunstâncias ao longo de todas as fases da vida útil do SNA que poderá reduzir a probabilidade de que uma tal decisão venha um dia a ter que ser tomada. Um profundo entendimento dessa doutrina e das conseqüências de sua aplicação, de modo a retirar o submarino de uma situação de risco iminente, ainda que aceitando algum dano no reator e seus sistemas, é de fundamental importância para a segurança dos SNA, entendidos como um sistema integrado naval/nuclear.

Considerando tanto os aspectos nucleares quanto os navais, a tese propôs-se então a organizar e sistematizar uma Doutrina de Segurança Global aplicável a futuros

SNA nacionais que atenda a estas premissas.

A doutrina proposta tem a forma de um conjunto de Princípios Básicos, Critérios Gerais, Requisitos Específicos e Procedimentos de verificação do projeto e de inspeção da construção e operação, que se propõe a garantir um alto padrão de segurança a esta classe de navio de guerra. Com ela, pretende-se constituir uma base consistente e coerente sobre a qual a Autoridade de Segurança Nuclear (ASN) possa avaliar a aceitabilidade dos riscos associados ao Ciclo de Vida do SNA, tomando assim suas competentes decisões quanto ao licenciamento do submarino.

Entendendo-se segurança como percepção social de riscos, foram detalhadas e discutidas as interpretações, as derivações e as aplicações tecnológicas desse conceito básico em três contextos específicos: a disciplina de aplicação geral denominada Segurança de Funcionamento de Sistemas Industriais (*Reliability-Availability-Maintainability-Safety*); a Segurança de Instalações Nucleares “Estacionárias”, em especial de reatores de potência eletronucleares; a Segurança Naval, que engloba tanto a Segurança Marítima (segurança da navegação, salvaguarda da vida humana no mar), típica de condições normais de paz, como a Capacidade de Sobrevivência (*Survivability*), típica das condições de guerra ou conflito.

Com base nesta discussão inicial, foi feita, em seguida, uma primeira abordagem global à Segurança da Propulsão Nuclear, onde foram sintetizadas as aplicações do conceito básico nestes três contextos, ressaltando-se sua fundamentação na otimização do conjugado disponibilidade x seguridade.

Os Princípios Básicos de Segurança (Tabela 1) foram, a partir dessa síntese, adaptados às particularidades da propulsão nuclear de SNA. Os Princípios Básicos incluem os Objetivos Gerais de Segurança, assim como os Princípios de Gerenciamento, Princípios de Defesa em Profundidade e Princípios Técnicos que orientam como estes objetivos poderiam ser alcançados.

Em seguida foram propostos Critérios Gerais de Segurança para o projeto da IPN e de suas interfaces com a plataforma-navio do SNA. Os Critérios Gerais incluem Critérios de Probabilidade de ocorrência (Tabela 2) e Critérios de Gravidade de conseqüências para a disponibilidade do SNA (Tabela 4), para a tripulação (Tabela 5), para o pessoal de apoio em terra (Tabela 6), para o público em geral (Tabela 7) e para o meio ambiente (Tabela 8).

Esses critérios foram associados formando Critérios de Risco (Tabela 3), que constituem os Objetivos Detalhados de Segurança (ODS). Os ODS são diferenciados em função da gravidade das conseqüências de um cenário operacional e quantificados com o objetivo de fixar os conjugados Frequência Anual de Ocorrência (FAO) x conseqüências máximas aceitáveis, sendo definidos com relação a posições geográficas típicas:

I. Submarino atracado ou fundeado em porto civil (próximo a aglomerações humanas);

II. Submarino atracado ou fundeado em base naval (distante de aglomerações humanas);

III. Submarino operando em águas costeiras; e

IV. Submarino operando em águas oceânicas.

Pretende-se que, com base

nestes ODS desenvolvidos, a ASN constitua, futuramente, uma base objetiva sobre a qual a aceitabilidade social dos riscos associados ao Ciclo de Vida do SNA possa ser objetivamente avaliada.

Foram ainda desenvolvidos critérios para determinação das Condições de Processo da Instalação Nuclear (CPIN) e Situações Operacionais do Submarino (SOS) postuladas para análise de segurança pelos Critérios de Risco e Critérios de Projeto determinísticos, que orientam o desenvolvimento do projeto integrado do conjunto de sistemas que compõem o SNA e que garantem a adequação da segurança aos Princípios Básicos qualitativos.

Os Requisitos Específicos de segurança aplicáveis ao projeto de estruturas, componentes e sistemas da plataforma-navio do SNA, da IPN e instalações de máquinas, derivados dos Critérios Gerais foram, a seguir, desenvolvidos, englobando ainda os aspectos de Garantia da Qualidade, Proteção Radiológica, Operação, Inspeções e Testes. Os Requisitos Específicos constituem regras quantitativas que determinam o projeto individual das partes integrantes do SNA e que asseguram que os sistemas individuais do submarino, quando integrados, atendem aos Critérios Gerais.

Foram propostas diretrizes para o estabelecimento de uma regulamentação do processo de licenciamento dos SNA pela Autoridade de Segurança Nuclear e dos procedimentos de verificação da segurança do projeto e de fiscalização da construção e operação associados, e discutidos o conteúdo e a organização do Relatório de Análise de Segurança (RAS), documento básico

deste processo, finalizando-se assim o desenvolvimento da estrutura da Doutrina de Segurança proposta.

A ASN caberá, no futuro, implementar a regulamentação e controle das atividades relacionadas ao Ciclo de Vida do SNA, de forma a garantir, perante a sociedade brasileira, que os riscos a elas associadas são aceitáveis. Pretende-se que a Doutrina de Segurança desenvolvida pela presente tese e proposta para aplicação aos SNA nacionais, que se espera estarem operacionais em futuro próximo, venha a constituir uma efetiva contribuição para uma eficaz e eficiente implementação das necessárias ações de segurança que garantam a aceitabilidade social destes navios, sem reduzir a excelência de seu desempenho operativo.

Essa ASN, com jurisdição sobre os SNA, deverá ser estabelecida com base em um modelo organizacional similar àquele praticado para a ASN com jurisdição sobre as instalações nucleares estacionárias de natureza civil. Poderá, dentro de um escopo ampliado para além dos SNA, constituir uma Autoridade de Segurança Nuclear Militar (ASNMM), distinta da ASN civil, sendo responsável pela regulamentação e controle de todas as atividades nucleares afetas ao Ministério da Defesa.

*(Tabelas nas páginas a seguir).*

---

*CMG Leonam atualmente serve no Centro Tecnológico da Marinha, em São Paulo.*

*Os Doutores Hermani e Jorge são professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.*

TABELA 1: PRINCÍPIOS BÁSICOS DE SEGURANÇA

Objetivos	GERAL	Proteção Radiológica	Confabilidade e Seguridade	Disponibilidade		
Princípios Fundamentais de Gerenciamento	CULTURA DE SEGURANÇA	Responsabilidade da Organização Operadora	Controle Regulamentar e Supervisão Independente			
Princípios de Defesa em Profundidade	DEFESA EM PROFUNDIDADE	Prevenção de Acidentes	Mitigação de Conseqüências			
Princípios Técnicos Gerais	Validação	Garantia da Qualidade	Fatores Humanos	Análise de Segurança	Proteção Radiológica	Experiência Operacional e Pesquisa de Segurança
Princípios Técnicos Específicos	Mobilidade Projeto	Fabricação e Construção	Comissionamento	Operação	Gerenciamento de Acidentes	Planejamento de Emergências

Tabela 2: CLASSIFICAÇÃO DE CENÁRIOS OPERACIONAIS DO SNA CONFORME SUAS FREQUÊNCIAS ANUAIS DE OCORRÊNCIA

CLASSE	VEROSSIMILHANÇA	FAO
1	contínuo ou freqüente: ocorre continuamente ou é provável ocorrer diversas vezes durante o ciclo de vida do SNA	> 1
2	infreqüente: não ocorre freqüentemente mas é provável que ocorra pelo menos uma vez durante o ciclo de vida do SNA	1 > FAO > 10-2
3	possível: a princípio, não deve ocorrer durante o ciclo de vida de um único SNA, mas poderia ocorrer quando considera-se o ciclo de vida de um esquadrão composto por mais de uma unidade	10-2 > FAO > 10-4
4	improvável: a princípio, não deve ocorrer durante o ciclo de vida de um esquadrão de SNA composto por mais de uma unidade, sendo porém possível	10-4 > FAO > 10-6
Complementar	hipotético: a princípio, não ocorrerá durante o ciclo de vida de um esquadrão de SNA composto por mais de uma unidade, sendo sua remota possibilidade de ocorrência associada à perda total de sistemas e funções de segurança atuantes em cenários de classe 4	10-6 > FAO

TABELA 3: OBJETIVOS DETALHADOS DE SEGURANÇA

CLASSE	CRITÉRIO D		CRITÉRIO L		CRITÉRIO T		CRITÉRIO A		CRITÉRIO P	
	PazI-II-III	GuerraIV.	PazI-II-III	GuerraIV.	PazI-II-III	GuerraIV	PazI-II-III	GuerraIV	PazI-II-III	GuerraIV.
1	1		1		1		1		1	
2	2		2	3	2	3	2	3	2	3
3	3	2	3	4	3	4	3	4	3	4
4	4	3	4	C	4	c	4	C	4	c
Complementar	Complementar		Complementar		Complementar		Complementar		Complementar	

tabela 4: **NÍVEIS DE CONSEQÜÊNCIAS PARA O SUBMARINO**

Nível	Conseqüências para o submarino
1	OPERAÇÃO NORMAL·Submarino disponível imediatamente com plena capacidade operacional;· Situações de operação normais sob propulsão nuclear.
2	OPERAÇÃO DEGRADADA· Submarino disponível com capacidades operacionais reduzidas (redução de potência) imediatamente ou após uma intervenção de reparo passível de ser realizada pela própria tripulação;· Situações de operação degradadas sob propulsão nuclear.
3	ACIDENTES COM RECUPERAÇÃO DA OPERAÇÃO· Capacidades operacionais seriamente comprometidas, podendo ir até perda total da potência nuclear ou incapacidade de navegar submerso, implicando retorno prematuro à base sob propulsão auxiliar convencional;· Situações de operação incidentais sérias sob propulsão auxiliar convencional (reator desligado com remoção de calor residual).
4A	ACIDENTES SEM RECUPERAÇÃO DA OPERAÇÃO, COM SALVAMENTO DO SUBMARINO· Degradações materiais importantes, podendo ir até a incapacidade de mover-se por seus próprios meios (necessidade de reboque para retorno à base), mantida, entretanto, uma mínima disponibilidade de fontes de energia internas;· Situações de operação acidentais com perda total da propulsão (reator desligado com resfriamento de emergência).
4B	ACIDENTES SEM RECUPERAÇÃO DA OPERAÇÃO, COM PERDA DO SUBMARINO· Degradações materiais importantes, podendo ir até a perda de todas as fontes de energia internas (necessidade de fornecimento externo de energia ou meios passivos para manutenção das funções de segurança);· Situações de operação acidentais com perda total do submarino por naufrágio ou encalhe (reator desligado com resfriamento passivo ou provido por meios externos).
Complementar	ACIDENTES SEVEROS· Perda do submarino e das funções básicas de segurança (resfriamento do núcleo e contenção);· Situações de operação acidentais complementares.

Tabela 5: **NÍVEIS DE CONSEQÜÊNCIAS PARA A TRIPULAÇÃO**

NÍVEL	Conseqüências para a tripulação
1	Situação com riscos ocupacionais normais;· Doses efetivas (corpo inteiro) para os operadores da IPN dentro do limite anual de 20 mSv e tão reduzidas quanto razoavelmente realizável.· Doses efetivas (corpo inteiro) para os demais tripulantes dentro do limite anual de 5 mSv e tão reduzidas quanto razoavelmente realizável.
2	Risco de danos imediatos leves para a tripulação, não associados a causas radiológicas;· Doses efetivas (corpo inteiro) para os operadores da IPN dentro do limite anual de 50 mSv;· Doses efetivas (corpo inteiro) para os demais tripulantes dentro do limite anual de 20 mSv.
3	Risco de danos imediatos graves com uma pequena probabilidade de morte de um membro da tripulação;· Dose efetiva (corpo inteiro) sobre tripulante mais afetado inferior a 100mSv.
4	Risco de vida elevado para um ou vários membros da tripulação;· Abandono do submarino dos tripulantes não envolvidos nas ações do Plano de Emergência Interno
Complementar	Abandono de toda tripulação do submarino;· Perda da tripulação.

Tabela 6: NÍVEIS DE CONSEQÜÊNCIAS PARA PARA O PESSOAL DE APOIO EM TERRA

NÍVEL	Conseqüências para o pessoal de apoio em terra
1	Situação com riscos ocupacionais normais;- Doses efetivas (corpo inteiro) dentro do limite anual de 20 mSv e tão reduzidas quanto razoavelmente realizável.
2	Risco de danos imediatos leves, não associados a causas radiológicas;- Doses efetivas (corpo inteiro) dentro do limite anual de 50 mSv;
3	Risco de danos imediatos graves com uma pequena probabilidade de morte de um indivíduo;- Dose efetiva (corpo inteiro) sobre indivíduo mais afetado inferior a 100mSv.
4	Risco de vida elevado para um ou vários indivíduo;- Dose efetiva (corpo inteiro) sobre tripulante mais afetado inferior a 250mSv. Dose efetiva (tireóide) sobre indivíduo mais afetado inferior a 1.500mSv. Abandono do local do pessoal não envolvido nas ações do Plano de Emergência Interno
Complementar	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre indivíduo mais afetado inferior a 250mSv. Dose efetiva (tireóide) sobre indivíduo mais afetado inferior a 3.000mSv. Abandono do local do pessoal não envolvido nas ações do Plano de Emergência Externo

Tabela 7: NÍVEIS DE CONSEQÜÊNCIAS PARA O PÚBLICO

NÍVEL	Conseqüências para o público
1	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre o membro do público mais afetado inferior a 100 mSv
2	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre o membro do público mais afetado inferior a 1 mSv
3	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre o membró do público mais afetado inferior a 5 mSv. Dose efetiva (tireóide) sobre o membro do público mais afetado inferior a 15 mSv
4	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre o membro do público mais afetado inferior a 50 mSv. Dose efetiva (tireóide) sobre o membro do público mais afetado inferior a 250 mSv
Complementar	Dose efetiva (corpo inteiro) sobre o membro do público mais afetado inferior a 100 mSv. Dose efetiva (tireóide) sobre o membro do público mais afetado inferior a 450 mSv

Tabela 8: NÍVEIS DE CONSEQÜÊNCIAS PARA O AMBIENTE

NÍVEL	Conseqüências para o ambiente
1	Observância dos limites anuais para liberação de efluentes autorizados pela ASN. Classificação das áreas internas do submarino por zonas de radiação conforme condições normais de projeto
2	Observância dos limites anuais para liberação de efluentes autorizados pela ASN Possibilidade de reclassificação temporária das áreas internas do submarino por zonas de radiação, retornando-se às condições normais após intervenção da tripulação
3	Observância, por incidente, dos limites anuais de liberação de efluentes autorizados pela ASN Possibilidade de reclassificação permanente das áreas internas do submarino por zonas de radiação, o retorno às condições normais requerendo intervenção do apoio em terra
4	Termo-fonte liberado (relativo ao inventário de produtos radioativos): 2% dos gases raros 1% do iodo Taxa máxima de vazamento da Contenção 0,4%/dia no primeiro dia após o acidente 0,2%/dia nos 29 dias subseqüentes
Complementar	Termo-fonte liberado (relativo ao inventário de produtos radioativos): 80% dos gases raros 0,6% do iodo orgânico 60% do iodo inorgânico 40% do céσιο 5% do estrôncio



Nossas baterias geram mais  
do que potência. Geram confiança.



Na hora de submergir, é imprescindível contar com as melhores tecnologias disponíveis. Por isso, há mais de 20 anos, a Marinha do Brasil utiliza baterias marca **Saturnia** para propulsão de submarinos. Com tecnologia de ponta, as baterias marca **Saturnia** oferecem ótima performance nos vários regimes de descarga, atendendo às táticas dos comandantes nas mais variadas missões. A Eaton, através da marca

**Saturnia**, utiliza a experiência acumulada há mais de 70 anos para oferecer produtos que excedam às expectativas de nossos clientes. Nossa tecnologia vai tão longe quanto os submarinos da Marinha. Para mais informações, contate-nos pelo telefone **0800 7711685** ou acesse o website [www.powerware.com.br](http://www.powerware.com.br)

No-Breaks + Fontes CC + Baterias + Containers + Serviços + Softwares + Gerenciamento Remoto + Soluções Turn-Key

**EATON**

# TUP

## Transfer Under Pressure

“Dentro da moderna concepção de salvamento da tripulação de submarinos sinistrados, a capacidade de transferência sob pressão é certamente um dos conceitos que mais esforços tem exigido de engenheiros e projetistas. Sistemas de resgate submarino “no estado da arte” estão sendo desenvolvidos simultaneamente nos EUA e Europa, objetivando disponibilizar às equipes de resgate esta ferramenta inexistente na maioria dos sistemas atualmente em operação.”

■ Capitão-de-Corveta (Md) Álvaro Acatauassú Camelier  
Capitão-de-Corveta (Md) Marcos Carvalho de Araujo Moreira

Em 26 de agosto de 1988, o submarino peruano ‘Pacocha’ (Ex-USS Atule) naufragou próximo a Callao, em uma profundidade estimada de 40 metros, com 22 tripulantes no seu interior. Estima-se que devido ao alagamento do submarino, a pressão no seu interior tenha aumentado e estabilizado próxima a 2,6 atmosferas absolutas, talvez mais. A inviabilidade de um resgate determinou que todos os 22 sobreviventes realizassem o escape utilizando equipamento individual do tipo ‘capuz de Steinke’.

Em decorrência da carência de recursos para tratamento hiperbárico, somada a inexperiência da equipe médica peruana e a falta de uma doutrina específica para lidar com este tipo de situação, entre os 22 sobreviventes que chegaram a superfície, um evoluiu para o óbito, um sofreu seqüelas neurológicas graves e vários apresentaram seqüelas neurológicas diversas, todos vítimas de doença descompressiva. Quatro meses após o acidente, um dos guias internos da equipe de saúde que atendeu os resgatados, ainda encontrava-se em reabilitação hospitalar para tratamento da doença descompressiva de que foi vítima, pela superexposição hiperbárica.

Dentro da moderna concepção de salvamento da tripulação de submarinos sinistrados, a capacidade de transferência sob pressão é certamente um dos conceitos que mais esforços tem exigido de engenheiros e projetistas. Sistemas de resgate submarino “no estado da arte” estão sendo desenvolvidos simultaneamente nos EUA e Europa, objetivando disponibilizar para as equipes de resgate esta ferramenta inexistente na maioria dos sistemas atualmente em operação. Se não havia esta preocupação nos sistemas mais antigos, por que hoje tamanha importância?

Imaginemos um submarino sinistrado (*DISSUB*) no interior do qual tenha ocorrido um alagamento parcial ou vazamento incontrolável de ar comprimido/gás dos grupos de alta pressão e que, em decorrência disso, houve aumento de sua pressão interna para mais de 1,7 atmosferas absolutas (ATA). Sabemos que após 12 horas de exposição a pressões atmosféricas elevadas, o corpo humano terá absorvido nitrogênio em quantidade suficiente para saturar seus tecidos orgânicos. Sabemos, ainda, que a retirada deste nitrogênio deverá ser realizada gradualmente, de forma a minimizar a formação de

bolhas nos fluidos e tecidos corporais, o que somente é possível através de demorados protocolos de descompressão. Podemos, assim, concluir que a transferência abrupta dos tripulantes de um ambiente pressurizado (*DISSUB*) para uma atmosfera de 1 ATA (nível do mar) incorrerá em risco de elevada grandeza para a formação de bolhas de nitrogênio intra e extra-vasculares, causa *mater* da chamada Doença Descompressiva. O que fazer, então, para minimizar este risco?

A melhor abordagem, neste caso, é a transferência direta destes tripulantes para câmaras hiperbáricas equalizadas com a pressão interna do *DISSUB*, sem que neste processo sejam expostos a variações bruscas de pressão atmosférica. Pois é exatamente isto que denominamos *TUP*, acrônimo em inglês para *Transfer Under Pressure* (transferência sob pressão), que simplesmente significa a transferência dos ocupantes de um ambiente pressurizado para outro equivalente, como por exemplo de um submarino sinistrado para uma câmara ou complexo hiperbárico com pressões equalizadas. Neste caso, porém, “simplesmente significar” não significa ser simples. A realização de uma transferência sob pressão

requer que os equipamentos utilizados (veículos de resgate, câmaras hiperbáricas, navios ou submarinos de apoio) tenham sido projetados ou pelo menos adaptados para esta finalidade, o que nem sempre é exequível.

#### Panorama mundial

Poucos são os sistemas de resgate submarino em atividade no mundo, operados pelas marinhas dos seguintes países: Austrália, Brasil, China, Coréia do Sul, Estados Unidos da América, Índia, Inglaterra, Itália, Japão, Rússia, Suécia e Turquia.

Em sua maioria, são de concepção antiga e apresentam limitações operacionais diversas; a única exceção vem da Austrália, cujo

sistema de resgate submarino data de 1995, e introduziu alguns conceitos que hoje servem de referência para os novos projetos em desenvolvimento:

- integralmente composto por múltiplos módulos aerotransportáveis, possibilitando rápido transporte ao cenário de um *DISSUB*.

- capacidade de realizar transferência sob pressão.

- flexível o suficiente para ser operado a partir de um navio de oportunidade (*VOO - Vessel Of Opportunity*).

Entre as limitações mais comuns dos sistemas operados pelas demais marinhas, podemos citar a reduzida oferta de recursos para tratamento hiperbárico, a impossibilidade de

concretizar uma transferência sob pressão e a dependência de navios específicos (o que inviabiliza o transporte aéreo e acaba constituindo um fator limitante do raio de ação destes sistemas). Ainda assim, essas marinhas estão em posição substancialmente mais confortável do que as que dependem exclusivamente de ajuda estrangeira para o resgate de seus nacionais - complexa tecnologia do resgate submarino fez com que a maioria das nações optasse por não possuir um sistema próprio, tornando-se dependente de acordos de cooperação firmados com outros países na ocorrência de *SUBSUNO*. Como exemplo deste fato podemos citar Singapura, que mantém um navio

# Empréstimo

Banco BGN



**MARINHA DO BRASIL**  
**ATIVOS - INATIVOS - PENSIONISTAS**  
**CIVIS E MILITARES**

## CRÉDITO PRÉ-APROVADO

- Taxas de Juros reduzidas
- Sem consulta ao SPC e SERASA
- Parcelas fixas descontadas em folha
- Sem obrigação de seguro

**2509-6233**

**2232-2559**

**Rua do Ouvidor, 60 sala 1006**



requer que os equipamentos utilizados (veículos de resgate, câmaras hiperbáricas, navios ou submarinos de apoio) tenham sido projetados ou pelo menos adaptados para esta finalidade, o que nem sempre é exequível.

### Panorama mundial

Poucos são os sistemas de resgate submarino em atividade no mundo, operados pelas marinhas dos seguintes países: Austrália, Brasil, China, Coreia do Sul, Estados Unidos da América, Índia, Inglaterra, Itália, Japão, Rússia, Suécia e Turquia.

Em sua maioria, são de concepção antiga e apresentam limitações operacionais diversas; a única exceção vem da Austrália, cujo

sistema de resgate submarino data de 1995, e introduziu alguns conceitos que hoje servem de referência para os novos projetos em desenvolvimento:

- integralmente composto por múltiplos módulos aerotransportáveis, possibilitando rápido transporte ao cenário de um *DISSUB*.

- capacidade de realizar transferência sob pressão.

- flexível o suficiente para ser operado a partir de um navio de oportunidade (*VOO - Vessel Of Opportunity*).

Entre as limitações mais comuns dos sistemas operados pelas demais marinhas, podemos citar a reduzida oferta de recursos para tratamento hiperbárico, a impossibilidade de

concretizar uma transferência sob pressão e a dependência de navios específicos (o que inviabiliza o transporte aéreo e acaba constituindo um fator limitante do raio de ação destes sistemas). Ainda assim, essas marinhas estão em posição substancialmente mais confortável do que as que dependem exclusivamente de ajuda estrangeira para resgate de seus nacionais - a complexa tecnologia do resgate submarino fez com que a maioria das nações optasse por não possuir um sistema próprio, tornando-se dependente de acordos de cooperação firmados com outros países na ocorrência de *SUBSUNK*. Como exemplo deste fato podemos citar Singapura, que mantém um navio

# Empréstimo

Banco BGN



**MARINHA DO BRASIL**  
**ATIVOS - INATIVOS - PENSIONISTAS**  
**CIVIS E MILITARES**

## CRÉDITO PRÉ-APROVADO

- Taxas de Juros reduzidas
- Sem consulta ao SPC e SERASA
- Parcelas fixas descontadas em folha
- Sem obrigação de seguro

**2509-6233**

**2232-2559**

**Rua do Ouvidor, 60 sala 1006**



(MV Ken) pronto para prestar apoio às operações com sistemas de resgate submarino da marinha norte-americana, e a França que é capaz de utilizar um de seus submarinos como *MOSUB* para o também norte-americano *DSRV Mystic*.

Com relação à transferência sob pressão, o fato é que muitos dos sinos de resgate, *SRVs* e *DSRVs* em atividade podem ser pressurizados internamente de forma a permitir seu acoplamento a *DISSUBs* também pressurizados. A impossibilidade de concluir uma *TUP* está na verdade relacionada à inexistência de um sistema compatível de câmaras hiperbáricas para onde os tripulantes resgatados possam ser transferidos isobaricamente. Poucos sistemas dispõem dos recursos necessários para completar essa transferência, merecendo menção os pertencentes à Austrália, Suécia, Itália e Inglaterra.

A Austrália destaca-se no cenário mundial com seu sistema centrado no REMORA, sem dúvida o mais completo em atividade. O sistema é mantido por uma empresa terceirizada (Frazer Diving, West Australia), comprometida a prontificá-lo em até 12 horas após solicitado pela Marinha Australiana. O veículo de resgate é remotamente controlado, podendo operar em profundidades de até 525m e se acoplar a submarinos inclinados até 60°, com capacidade para 6 resgatados e 1 guia interno que podem ser transferidos sob uma pressão de 5 ATA para um complexo hiperbárico na superfície. Este complexo é composto por uma câmara de transferência e duas câmaras de tratamento tricompartimentalizadas, ambas com capacidade para 36 ocupantes sentados, ou 22 em macas; seus 3 compartimentos visam facilitar a descompressão individualizada dos



Figura 1 – Visão geral do sistema de resgate submarino australiano.

grupos de resgatados que chegam à superfície em intervalos de aproximadamente 3 horas, duração de cada ciclo de resgate.

O sistema é inteiramente aerotransportável e requer cerca de 300m<sup>2</sup> de área livre no convés. Devido a sua notável performance, o nome REMORA é tido como acrônimo para “Really Excellent Method Of Rescuing Aussies” ou “método realmente excelente para resgate de australianos!”.

Embora sem a mesma flexibilidade de seu equivalente australiano, o sistema de resgate submarino da Royal Swedish Navy

apresenta algumas características operacionais únicas e bastante interessantes. O conjunto é composto basicamente pelo veículo de resgate URF, (acrônimo para *Ubåts Räddnings Farkost* - Veículo de Resgate Submarino) e um *MOSHIP* dedicado, o HSwMS Belos. O URF foi comissionado em 1979, sendo um veículo autopropelido, deslocando 52 toneladas e cujo aspecto peculiar é conferido por uma carenagem em fibra de vidro para proteção dos equipamentos auxiliares localizados por fora do casco resistente à pressão, seguro o suficiente para realizar resgates a uma profundidade

de 460m. Pode acoplar-se a submarinos sinistrados em ângulo máximo de 45°, transportando 35 tripulantes por ciclo de resgate, o que lhe confere a vantajosa característica de poder resgatar toda a tripulação de um submarino sueco em apenas uma “viagem”. Pode realizar transferência sob pressão de 6 ATA para o HSwMS Belos, que dispõe de um complexo hiperbárico com capacidade para 40 ocupantes. Embora a primazia do URF resida em sua operação conjunta com o Belos, caso necessário pode ser transportado por terra ou por uma aeronave Antonov AN-124 até o porto de onde será rebocado por um navio de oportunidade ao local do sinistro. Seu *endurance* gira em torno de 10h. O sistema conta ainda com o ADS (*Atmospheric Diving Suit*) Mantis, que pode ser operado por um tripulante ou controlado como um VOR (Veículo de Operação Remota) em profundidades de até 710m.

A Itália opera um conjunto composto principalmente pelo navio Anteo e o SRV 300. O primeiro é um *MOSHIP* dedicado com recursos para tratamento hiperbárico; o SRV 300 é um veículo submarino capaz de realizar resgates a profundidades de 300m, acoplado-se a submarinos sinistrados com inclinação de 45°, e com capacidade para 11 resgatados, que podem ser transferidos sob uma pressão de 5 ATA para o complexo hiperbárico a bordo do Anteo (três câmaras totalizando capacidade para 30 resgatados).

Os italianos possuem, adicionalmente, um sino de resgate do tipo McCann e 03 ADS.

Os ingleses dispõem do LR5, um veículo de resgate construído em 1978 pela *Perry Slingsby Systems Ltd*, e a exemplo do sistema australiano

mantido contratualmente por uma empresa terceirizada (*James Fisher Rumic Ltd.*) comprometida a prontificá-lo em até 12 horas após solicitado. Pesando cerca de 21,3 toneladas, é capaz de operar regularmente em profundidades de até 457m (1500ft) evacuando um máximo de 16 tripulantes por ciclo de resgate. Embora originalmente não fosse capaz de realizar transferência sobre pressão, os ingleses solucionaram esta deficiência de 2 maneiras:

a) desenvolvimento, em associação com a marinha sueca, de adaptadores entre o LR5 e os sistemas (*A-frame* e conexões do complexo hiperbárico) do *MOSHIP* sueco HSwMS Belos, com o qual o LR5 pode agora operar em conjunto.

b) desenvolvimento de uma câmara hiperbárica de recepção (*DRC - Desk Reception Chamber*) à qual o LR5 se acopla em sua chegada à superfície e através da qual os resgatados são transferidos “um a um” para câmaras hiperbáricas individuais de transporte do tipo 7A e destas para câmaras hiperbáricas multiplace a bordo ou em terra, onde finalizarão o processo de decompressão. O sistema pode ser inteiramente operado a partir de um navio de oportunidade.

Embora os sistemas de resgate submarino operados pelos demais países não contemplem a transferência sob pressão, é importante observar que alguns deles já se mobilizaram individualmente ou em consórcio, e deram início ao desenvolvimento de sistemas “no estado da arte” em resgate submarino. Merecem destaque o SRDRS da U.S. Navy e o NSRS anglo-franco-norueguês (a Turquia participou das



Figura 4 – Adaptador entre o veículo de resgate submarino inglês LR5 e o complexo hiperbárico do navio sueco Belos.



Figura 5 – SRV inglês LR5 em acoplamento com sua DRC.

fases iniciais do projeto deste último, permanecendo apenas como nação observadora), ambos em fase de desenvolvimento e com início de operação previsto para 2006/2007.

Comum a todos é a organização em módulos transportáveis por ar/mar/terra, que incluem, entre outros, o veículo de resgate propriamente dito, seu sistema de lançamento/recuperação e o complexo hiperbárico para o qual poderá ser transferida (sem variações de pressão) toda a tripulação resgatada, atendendo desta forma aos requisitos de transportabilidade, flexibilidade e transferência sobre pressão. Outros acessórios tipo VOR e suprimentos emergenciais para suporte de vida

(ELSS - *Emergency Life Support Stores*) estão previstos.

Adicionalmente, vale a pena mencionar o REMORA 2000 da OceanWorks International Corporation, 2ª geração do REMORA original e capaz de operar a 610m, resgatando 18 tripulantes a cada ciclo e podendo transferi-los sob pressão de até 6 ATA para um complexo hiperbárico com capacidade para algo em torno de 100 pessoas.

### O Transporte sob pressão

Além do resgate e transferência da tripulação de submarinos sinistrados diretamente para câmaras hiperbáricas, pode ser necessário que alguns desses tripulantes sejam evacuados para unidades em terra, como no caso de pacientes graves requerendo recursos hospitalares ou superlotação das câmaras hiperbáricas a bordo dos navios da força de resgate.

Esta situação pode representar um grande problema, quando os pacientes a serem transportados estiverem saturados com nitrogênio, visto que esse transporte é usualmente realizado por helicópteros não pressurizados e a mudança de altitude poderia agravar ainda mais os casos de doença descompressiva. Na ausência de recursos mais sofisticados, a evacuação aeromédica (EVAM) deve ser realizada em vôos de baixa altitude e com pacientes respirando oxigênio em concentrações próximas a 100%, o que minimiza mas não anula os efeitos deletérios do transporte.

A melhor solução foi oferecida pelo desenvolvimento da chamada "maca hiperbárica" (*hyperbaric stretcher*), que consiste em uma câmara hiperbárica individual de fácil transporte, em virtude de sua característica de peso e volume reduzidos.

Em setembro de 1999, o Navy *Experimental Diving Unit (NEDU)*, da marinha norte-americana, publicou um relatório técnico (TR 05-99) no qual considerava, dentre as opções disponíveis no mercado, a inglesa Hyperlite da firma SOS Ltd. como a maca hiperbárica mais apropriada para utilização em operações de resgate submarino. Seu corpo é construído com fibras de para-aramida em matriz de silicone, possuindo domos de acrílico nas extremidades, materiais que lhe conferem extrema resistência e leveza. Seu peso é de cerca de 55 kg (não ocupada), medindo aproximadamente 2,25m de comprimento e 0,60m de diâmetro. Sua pressão de trabalho gira em torno de 3,1 ATA, o que permite desenvolver com segurança uma tabela de tratamento 6 da US NAVY, mesmo em gradientes aumentados de pressão como os encontrados durante um transporte aéreo (EVAM). Não depende de fontes externas de energia, podendo ser pressurizada com cilindros de mergulho convencionais (ar comprimido) e ampolas de oxigênio para alimentar o *BIBS (Bult In Breathing System)* - máscara facial pela qual respira o paciente no interior da câmara/maca hiperbárica. O sistema permite, ainda, que a mistura respiratória do *BIBS* seja rapidamente alternada entre oxigênio e ar comprimido, o que representa vantagem considerável nos casos de intoxicação pelo oxigênio ou na utilização de janelas de ar durante o tratamento de pacientes inabilitados.

Em outubro de 1999 o NEDU promulgou um novo relatório técnico (TR 04-99) sobre macas hiperbáricas, desta vez dispondo sobre sua utilização nas evacuações médicas de



Figura 16 – Evacuação aeromédica com maca hiperbárica Hyperlite durante o Sorbet Royale 2002.

emergência em apoio às operações de resgate e escape submarino (*Use of Emergency Evacuation Hyperbaric Stretcher [EEHS] in Submarine Escape and Rescue*). Estes preceitos foram aplicados com enorme sucesso em exercício realizado durante o Sorbet Royale\* de 2002.

### Recursos alternativos à TUP

Há não muitos anos, os principais sistemas de resgate submarino caracterizavam-se por sofisticados veículos autopropelidos, capazes de operar em grandes profundidades para se acoplar a submarinos sinistrados e resgatar seus tripulantes. Apesar de sua avançada tecnologia, nenhum desses veículos foi originariamente projetado para transferir os resgatados diretamente para câmaras ou complexos hiperbáricos, o que revela não haver, à época, preocupação com os problemas inerentes à saturação da tripulação de um *DISSUB* pressurizado. Estes caríssimos e até então "no-estado-da-arte" *SRVs*, *DSRVs* e congêneres, não tinham alternativa senão despejar na atmosfera ao nível do mar levadas inteiras de submarinistas demandando

\* exercício multinacional da OTAN voltado para operações de resgate submarino, com periodicidade trienal.

Tabela 1: COMPARATIVO ENTRE OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE RESGATE SUBMARINO NO MUNDO.

	PRINCIPAL VEÍCULO DE RESGATE	CAPACIDADE DE RESGATADOS	PROFUNDIDADE (m)	PRESSÃO INTERNA MÁXIMA	ESTADO DO MAR (MÁXIMO)	TUP	CÂMARAS HIPERBÁRICAS	CAPACIDADE	AEROTRANSPORTÁVEL
U.S. Navy <sup>1</sup>	DSRV	24	610	5 ATA	Independente	NÃO <sup>2</sup>	—	—	SV
UK	LR5	16	457	5 ATA	4/6 <sup>3</sup>	SIM <sup>4</sup>	SIM <sup>4</sup>	—	SC
Itália <sup>1</sup>	SRV300	12	300	5 ATA	3	SIM <sup>5</sup>	SIM	30	N/D
Austrália	REMORA	06	525	5 ATA	5	SIM	SIM	2 X 36	SC
Japão	ANGLER FISH	12	N/D	N/D	N/D	N/D	SIM	N/D	NÃO
China	DSRV	22/6 ? <sup>6</sup>	200	N/D	3 ?	N/D	N/D	N/D	N/D
Rússia <sup>7</sup>	BESTER	18	800	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Suécia	URF	35	460	6 ATA	4	SIM <sup>8</sup>	SIM	40	SV
Coréia do Sul	LR5K	10	457	N/D	3	N/D	SIM	N/D	N/D
Brasil	SRS	06	300	5 ATA	? <sup>9</sup>	NÃO	SIM <sup>10</sup>	Variável <sup>10</sup>	NAO
Turquia	SRC	06	259	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	NÃO
Índia	SRC	08	300	N/D	N/D (3?) <sup>11</sup>	N/D	SIM	2 X 6	NÃO

1. EUA e Itália operam também sinos de resgate submarino (Submarine Rescue Chamber - SRC) do tipo McCann com capacidade para 6 resgatados a 259m. As SRC americanas podem ser aerotransportadas e operadas a partir de VOOs.

2. Uma capacidade de TUP limitada é considerada possível pela descompressão parcial dos resgatados no interior do próprio DSRV até 2.1 ATA seguida de sua transferência para SSBN ingleses ou franceses.

3. Até Sea State 6 dependendo essencialmente do VOO utilizado.

4. Capacidade plena de TUP apenas quando operando em conjunto com o navio sueco BELOS. Alternativamente, um sistema aerotransportável foi desenvolvido de forma a permitir a transferência sob pressão dos resgatados do LR5 para câmaras hiperbáricas múltiplas de tratamento localizadas no convés de navios de oportunidade, composto por uma câmara de recepção (DRC - Deck Reception Chamber) e câmaras hiperbáricas individuais (macas hiperbáricas). Também considerada uma capacidade limitada de TUP através da descompressão parcial dos resgatados no interior do próprio LR5 até 2.1 ATA seguida de sua transferência para SSBN ingleses ou franceses.

5. Somente operando a partir do Navio ANTEO, que possui instalações hiperbáricas próprias.

6. Diferentes fontes citam capacidade para 22 ou 6 resgatados.

7. A Rússia possui também DSRVs mais antigos da classe Priz, a exemplo do Bester também com casco em liga de titânio, capazes de resgatar 20 tripulantes a 1000m. Possivelmente 05 unidades contruídas, com estado operacional desconhecido.

8. Somente operando a partir do HSwMS BELOS.

9. Condicionado à capacidade do NSS Felinto Perry manter posicionamento dinâmico.

10. O SRS opera exclusivamente a partir do NSS Felinto Perry, que possui um complexo hiperbárico sem capacidade para TUP. Caso sejam necessárias operações de mergulho saturado durante um resgate submarino, este complexo pode ficar indisponível para tratamento dos resgatados, restando neste caso somente a câmara de superfície.

11. Não conhecida, mas devido às características do sistema considera-se improvável operações acima de Mar 3.

N/D - informação não disponível.

SV - Somente o veículo de resgate.

SC - Sistema completo.



tratamento hiperbárico imediato, sem o qual muito provavelmente seriam vítimas de um destino tão funesto quanto o que os aguardava no interior do *DISSUB*. Quando a importância desta deficiência foi finalmente compreendida por algumas das principais marinhas do mundo, uma importante questão foi levantada: Como evitar que submarinistas acidentados e saturados desenvolvessem uma doença descompressiva decorrente do próprio procedimento de resgate?

A resposta definitiva seria dada com o desenvolvimento de novos sistemas de resgate incorporando soluções que permitissem o transporte isobárico e tratamento de toda a tripulação de um *DISSUB* pressurizado. Mas se a resposta é simples, sua execução nem tanto: seriam necessários muitos anos para que esses novos sistemas se tornassem operacionais. E até lá, o que fazer?

Bem, já dizia o velho ditado - quem não tem cão caça com gato.

E foram os EUA que acabaram desenvolvendo uma solução flexível o suficiente para ser utilizada por praticamente todas as nações, operando sistemas de resgate submarino sem capacidade *TUP*: a Tabela de Descompressão Acelerada para Resgate Submarino.

#### A TDARS

Diferente do LR5, que como já mencionado permitiu o desenvolvimento de adaptadores para transferência sob pressão, os *DSRV* norte-americanos *Mystic* e *Avalon* foram concebidos para ser operados, principalmente, a partir de *MOSUBs*, o que tornava impeditivo o desenvolvimento de soluções de fortuna semelhantes às do seu primo inglês - é impraticável qualquer tentativa de realizar tratamento hiperbárico de massa (grande quantidade de pacientes simultaneamente) a bordo dos submarinos atualmente em operação pelos EUA.

Só havia uma solução possível: tratar (descomprimir) os resgatados a bordo do próprio *DSRV*. Para que isso fosse possível, algumas limitações técnicas deveriam ser vencidas:

a) os *DSRV* não possuíam redes de ar comprimido e  $O_2$  apropriadas para conduzir um procedimento descompressivo controlado.

b) utilizando-se as tabelas convencionais de descompressão, o tempo necessário para descomprimir indivíduos saturados em profundidades tão rasas quanto 2 ATA é demasiadamente longo. Uma descompressão mais rápida era necessária de forma a não prolongar demais cada ciclo de resgate ao ponto de torná-lo inviável.

A questão das redes de ar comprimido e  $O_2$  foi solucionada com aprovação de uma modificação técnica nos *DSRV* (*Field Change 665*) caracterizada pela instalação de um sistema de descompressão embarcado (*Onboard Decompression System*).

Tabela 2 – TABELA DE DESCOMPRESSÃO A OXIGÊNIO PARA RESGATE SUBMARINO.

Profundidade, Ar-Equivalente	Tempo de $O_2$ na profundidade (pré-oxigenação)	Duração das Paradas de Descompressão						Tempo Total de $O_2$
		45 pés	40 pés	35 pés	30 pés	25 pés	20 pés	
20	0	-	-	-	-	-	-	0
25	70	-	-	-	-	-	-	70
30	140	-	-	-	-	-	-	140
35	120	-	-	-	-	40	40	200
40	120	-	-	-	10	85	40	255
45	120	-	-	20	105	115	50	410
50	120	-	-	85	105	115	50	475
55	120	-	55	95	105	115	50	540
60	120	30	85	95	105	115	50	600

Nota 1: As profundidades são fornecidas em pés de água salgada.

Nota 2: Os tempos são fornecidos em minutos.

Restava, ainda, solucionar a questão do longo tempo necessário para decompressão dos tripulantes saturados. Para que se tenha uma idéia da real dimensão do problema, suponhamos um submarino sinistrado e pressurizado no equivalente a uma profundidade de 18 metros (2,8 ATA): se fossemos adotar o procedimento convencional para decompressão de sua tripulação seriam necessárias cerca de 46 horas ininterruptas para completá-lo; caso optássemos pelo protocolo de decompressão de emergência (cujo risco de complicações é consideravelmente maior), teríamos de aguardar 34 horas antes de retirar os tripulantes do compartimento/câmara de tratamento. Evidentemente é inviável, na situação de um resgate submarino, que um DSRV ou câmara hiperbárica permaneçam tanto tempo ocupados por apenas uma parcela dos resgatados.

Desta forma, um grupo de estudos foi constituído pela Marinha norte-americana, encabeçado pelo então LCDR Gary Latson, cujo trabalho desenvolvido no NEDU culminou com a publicação de um relatório técnico (TR 11-00), em dezembro de 2000. Este documento detalha os estudos que levaram a definição da chamada Tabela de Decompressão Acelerada para Resgate Submarino (TDARS).

Da mesma forma que algumas tabelas utilizadas para decompressão de mergulhadores e tratamento de acidentados de mergulho, a TDARS faz uso de oxigênio respirado em pressões parciais elevadas e concentrações próximas a 100% para realizar uma retirada mais rápida do nitrogênio dissolvido no organismo. Com isso, voltando ao nosso hipotético submarino sinistrado, o tempo

necessário para descomprimir os submarinistas saturados a 2,8 ATA diminuiria para 10 horas. A flexibilidade da tabela permite ainda que os tripulantes saturados sejam rapidamente descomprimidos e conduzidos até a câmara de tratamento, onde serão recomprimidos à pressão original do submarino sinistrado para em seguida iniciar a decompressão, procedimento necessário quando não disponíveis mecanismos de transferência sob pressão. Segundo ainda o TR 11-00 esta "decompressão de trânsito" (vamos chamá-la assim, por ter como única finalidade permitir o transporte dos resgatados entre o veículo de resgate e as câmaras de tratamento) deve ser realizada no tempo máximo de 15 minutos e com os resgatados respirando 100% O<sub>2</sub>.

Dentro ainda deste escopo, um recente estudo divulgado pelo Dr. Hans Grönkvist, *Head of Naval Medicine* da Marinha sueca estabeleceu diferentes recomendações para os resgates que necessitarão de uma decompressão de trânsito (os valores originais em kPa foram aproximados para atmosferas absolutas):

a) 1 – 1,6 ATA: decompressão e observação.

b) 1,6 – 3,3 ATA: intervalo de superfície máximo de 10 minutos seguido de recompressão à pressão de saturação e decompressão após 24 horas.

c) 3,3 – 5 ATA: o grau de segurança do intervalo de superfície é desconhecido; realizá-lo no menor tempo possível, seguido de recompressão à pressão de saturação e decompressão após 24 horas.

d) > 5 ATA: não realizar decompressão de trânsito; apenas a transferência sob pressão é considerada aceitável.

A análise destes limites, bem como dos detalhes operacionais da TDARS constantes no TR 11-00, é particularmente interessante para a Marinha do Brasil visto que o nosso sistema de resgate submarino não contempla a transferência sob pressão.

### Considerações finais

Sistemas de resgate submarino não existem para tornar as operações com submarinos mais seguras, mas antes assegurar uma elevada perspectiva de sobrevivência em caso de acidentes.

Apesar da grande quantidade de nações operando submarinos, poucas estão hoje teoricamente capacitadas a conduzir com sucesso operações de resgate dos tripulantes de um *DISSUB*, situação ainda mais notável quando percebemos a ausência de algumas importantes marinhas do primeiro mundo. Importa saber que boa parte dos sistemas em operação apresenta limitações no resgate de tripulações saturadas, e mesmo assim raros países têm investido no desenvolvimento de tecnologias "up to date" com os modernos requisitos de um sistema de resgate submarino.

Uma das razões para este fato é certamente o enorme custo financeiro para aquisição e manutenção de equipamentos que podem não ser necessários uma vez sequer em toda a sua vida útil. Outra justificativa seria a confiança em acordos internacionais de cooperação que possibilitariam auxílio proveniente de outros países, a exemplo do acordo entre Brasil e EUA e outros tantos mundo afora.

Outros fatores, entretanto, devem ser considerados. Numa época em que os eventos catastróficos são colocados muito próximos da população pela mídia, o que inclui os recentes sinistros de submarinos, é



sábio investir em soluções de resgate rápidas e eficazes que coíbam qualquer espécie de clamor popular no sentido de criticar a necessidade de uma força de submarinos ou num sentido mais amplo contestar a própria existência das forças armadas. Dependendo exclusivamente da ajuda externa em operações tão complexas quanto o resgate submarino representa certamente um risco considerável, tendo em vista os problemas de treinamento, compatibilidade entre os meios e disponibilidade dos sistemas de resgate alheios. Nesta linha de

raciocínio, a existência de mecanismos de resgate próprios confere a uma nação, importante autonomia na capacidade de preservar a integridade dos que se dedicam a sua defesa, estímulo motivador para aqueles que diariamente se lançam ao mar em arriscadas missões sem certeza do retorno.

Embora deva ser vista idealmente como um procedimento complementar e não substitutivo da transferência sob pressão, a Tabela de Descompressão a Oxigênio para Resgate Submarino veio preencher importante lacuna em

diversos sistemas de resgate sem essa capacidade, categoria na qual incluímos o sistema embarcado no Navio de Socorro Submarino Felinto Perry, contribuindo para nos manter inclusos no seleto clube das nações aptas a conduzir operações de resgate submarino.

*CC (Md) Álvaro Acatauassú Camelier, Oficial Médico especializado em Medicina de Submarino e Escafandria, Chefe do Departamento de Saúde da Base Almirante Castro Silva.*

*CC (Md) Marcos Carvalho de Araujo Moreira, Oficial Médico especializado em Medicina de Submarino e Escafandria, Encarregado da Divisão de Medicina Submarina da Base Almirante Castro Silva.*

## GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS UTILIZADAS NA COMUNIDADE DE RESGATE SUBMARINO

**ADS** – Atmospheric Diving Suit, traje atmosférico de mergulho, escafandro rígido que permite mergulhos profundos, permanecendo o ocupante em uma pressão de 01 atmosfera absoluta (ATA)

**AGE** – Arterial Gas Embolism, embolia arterial gasosa.

**DCI** – Decompression Illness, doença descompressiva.

**DISSUB** - DISabled/DIStressed SUBmarine, submarino incapacitado ou em apuros.

**DSDS** - DisSub Depressurisation System, sistema de descompressão de submarino sinistrado no qual uma mangueira é conectada a uma válvula de salvamento no DISSUB pressurizado e utilizado um descompressor localizado na superfície para trazer sua pressão interna de volta ao normal, de acordo com tabelas de descompressão apropriadas.

**DSRV** – Deep Submergence Rescue Vehicle, veículo de resgate submarino de grande profundidade.

**DSVS** - DisSub Ventilation System, sistema similar ao DSDS com a vantagem adicional de poder remover contaminantes atmosféricos como o CO<sub>2</sub> e alterar a pressão parcial do O<sub>2</sub> se houver risco de hipóxia ou intoxicação.

**EGS** – Escape Gear Ship, navio enviado rapidamente ao cenário de um DISSUB transportando suprimentos específicos para apoio ao escape caso a tripulação do DISSUB não possa esperar pela chegada das forças de resgate.

**ELSS** - Emergency Life Support Stores, suprimentos emergenciais para suporte de vida, são casulos enviados por mergulhador ou ROV a um DISSUB contendo itens para melhorar sua atmosfera (O<sub>2</sub>, Cal sodada,...) enquanto se organizam as ações de resgate.

**MOSHIP** – MOther SHIP, navio-mãe onde centralizam-se as operações de resgate; plataforma de operações do veículo de resgate submarino.

**MOSUB** – MOther SUBmarine, submarino-mãe equivalente ao MOSHIP

**NEWTSUIT** – o mesmo que ADS.

**ROV** – Remote Operated Vehicle, veículo de operação remota, pequeno robô submarino portador de câmeras de vídeo e braços articulados para realizar inspeções e pequenas tarefas subaquáticas.

**SEIE** - Submarine Escape and Immersion Equipment, equipamento de imersão e escape de submarino, são trajes/macacões especiais para proteção individual no escape de submarinos.

**SESSPE** - Submarine Escape and Surface Survival Personnel Equipment, equipamento pessoal para escape de submarino e sobrevivência na superfície, quase o mesmo que o SEIE porém acrescido de pequeno bote salva-vidas individual.

**SMER, SER** – Submarine Escape & Rescue, Escape e Resgate de submarinos.

**SMERAT** - Submarine Escape & Rescue Assistance Team, equipe de apoio ao escape e resgate submarino.

**SMERWG** - Submarine Escape & Rescue Working Group, grupo de trabalho na área de escape e resgate submarino vinculado à OTAN.

**SPAG** – Subsunk Parachute Assistance Group, grupo de paraquedistas especializados em apoio a operações SER, podem ser rapidamente lançados no cenário de um DISSUB para prover apoio em caso de escape, com botes infláveis e outros acessórios.

**SRC** – Submarine Rescue Chamber, câmara (sino) de resgate submarino.

**SRV** – Submarine Rescue Vehicle, veículo de resgate submarino.

**SUBSUNK** – SUBmarine SUNKen, submarino naufragado.

**TUP** – Transfer Under Pressure, transferência de pessoal ou material entre dois ambientes igualmente pressurizados sem que haja variação da pressão.

**VOO** – Vessel Of Opportunity, navio normalmente pertencente a organizações/empresas civis, que oportunamente pelas suas características e proximidade do local do DISSUB é requisitado e utilizado em apoio às operações SER, inclusive como plataforma para operação dos equipamentos e sistemas de resgate.

**Por apenas****R\$ 1,98**

mensais

**IT - PLANO INDIVIDUAL - TITULAR**

(sem carência)

Titular com idade de inclusão inferior a 66 anos.

**Imperdível!**Por apenas **R\$ 1,81** a mais, você pode aderir ao **Plano Familiar**.

Além de todas as garantias do plano individual, você inclui cônjuge com idade inferior a 66 anos e filhos menores de 21 anos, e ainda garante, exclusivamente, o aluguel de um jazigo pelo período de até três anos, caso a família não possua local para sepultamento.



A **BRASILCRED SEGUROS**, em parceria com o **DSS/AMN** oferece excelentes benefícios aos consignantes que optam por aderir ao **Assist-Pós**, uma assistência funeral completa com todos os itens necessários a um funeral de alta qualidade, e ainda:

- Um moderno **Call Center 24 Horas** que pode ser acionado gratuitamente do Brasil e do exterior.
- Cartão **BRASILCRED Card** que dá direito a **descontos** ou prazos especiais nos estabelecimentos conveniados com **BRASILCRED SEGUROS**.

A **facilidade de contratação**, o **custo acessível** e suas **exclusivas vantagens**, fazem do **Assist-Pós**, uma Assistência Funeral de grande receptividade entre os consignantes da Marinha.

Para aderir ou consultar outros planos, basta procurar um **posto de DSS/AMN** ou ligar para **(21) 2233-8583** ou **(21) 2104-6508**, ou ainda acessar **www.brasilcred.com.br**.

**Solicitação de serviços: Call Center 24 Horas (21) 2233-8602****EMPRÉSTIMO PESSOAL É COM A BRASILCRÉDITO****AOS MILITARES DA MARINHA**

**A BRASILCRED disponibiliza uma exclusiva linha de empréstimos com prazos e taxas especiais.**



- Menores taxas de juros do mercado
- Crédito pré-aprovado
- Liberação imediata, sem burocracia
- Desconto em folha de pagamento\*
- Prazo de até 36 meses
- Comodidade e rapidez
- Sem consulta ao SPC /SERASA
- Documentação super facilitada

**ESTAMOS INAUGURANDO MAIS UMA LOJA BRASILCRÉDITO**

Rua: Rua da Quitanda, 187 Loja  
Rio de Janeiro-RJ

**BRASILCRÉDITO**

O crédito de todo brasileiro.

**TELEFONE IMEDIATAMENTE  
OU FAÇA-NOS UMA VISITA**

DISK CRÉDITO

**(21) 2253-1482****(21) 2516-1524**

www.grupobrasilcred.com.br

# Radiação ionizante...

■ *Suboficial (MO-SB)*  
*Ademir das Dores Peres*

## “PARA BORDO”!

### Introdução

A tripulação de um submarino convencional vive a bordo em um ambiente adverso, com origem na variação da pressão atmosférica interna causada por diversos fatores (esnorquel, esfogo de tanques, vazamento de ar comprimido, geração de gases), na presença de gases em taxas indesejáveis ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ , freon, vapores de combustíveis etc.), e ainda no contato físico com água e óleo contaminados, ácidos, gases, esgotos sanitários, durante a execução das manutenções corretivas e preventivas.

Com o advento da “Propulsão Nuclear”, um novo agente surge a bordo, empregando a mesma tática silenciosa de um submarino: a “radiação ionizante”.

Sabemos que o homem está exposto, constantemente, a fontes de radiação ionizante natural, externa e internamente ao próprio corpo. Por exemplo, pode-se citar os raios cósmicos e a radiação decorrente da presença de radionuclídeos no meio ambiente, conforme tabela abaixo.

Após a descoberta dos raios-x e da radioatividade, o homem passou a produzir novas fontes de radiação e, em consequência, aumentou os riscos associados à radiação artificial.

Com o uso cada vez maior de radionuclídeos e com o desenvolvimento da energia nuclear a partir dos anos quarenta do século XX, pôde-se melhor conhecer o efeito da radiação nos tecidos vivos.

As radiações ionizantes oriundas de um reator nuclear são basicamente: radiações alfa ( $\alpha$ ); beta ( $\beta$ ); nêutrons ( $n$ ); gama ( $\gamma$ ) e raios-x. Estas não podem ser percebidas diretamente pelos sentidos do corpo humano. Por isto, um indivíduo pode permanecer inadvertidamente em um campo radioativo sem notar a sua presença nem perceber de imediato seus efeitos nocivos, a menos que proceda a monitoração na área para verificar a presença destas radiações.

### Presença da radiação ionizante a bordo de um submarino com propulsão nuclear

Neste tipo de propulsão, haverá a bordo a presença de uma fonte radioativa<sup>2</sup>, que é o reator nuclear.

A fonte de geração da energia térmica utilizada na propulsão de submarinos nucleares, é o Reator do tipo a Água Pressurizada (Pressure Water Reactor - PWR). Este tipo de reator utiliza água desmineralizada pressurizada em um circuito primário (loop) com a finalidade de moderação dos nêutrons rápidos<sup>3</sup>, remoção do calor gerado no núcleo do reator e transferência desta energia para o sistema secundário, onde irá produzir trabalho. Este processo, para efeito de rendimento térmico, opera com pressão ( $\cong 150$  bar) e temperatura ( $\cong 270^\circ C$ ) elevadas, mantendo uma margem de subresfriamento (garante o estado líquido do refrigerante evitando a formação de vapor) para segurança do processo.

Toda essa massa líquida, ao se movimentar no circuito primário, arrasta consigo partículas metálicas originárias do sistema (produtos de corrosão, produtos de erosão, resíduos do atrito das partes móveis das válvulas, impelidores e anéis de desgaste das bombas, resíduos de soldas e impurezas em geral). Estas impurezas em suspensão na água, serão ativadas por nêutrons ao fluir através do fluxo neutrônico existente no núcleo do reator. Desta forma, ao

Origem	local	mRem/ano <sup>1</sup>
raios cósmicos	nível do mar	30
	5000 ft	70
globo terrestre	dependendo do local	50 a 150
corpo humano	potássio - 40	20
	carbono - 14	2

serem ativados, estes materiais se transformarão em materiais radioativos, vindo a contaminar o fluido do circuito primário. As próprias moléculas de água também ficam ativadas neste processo ao fluírem através do fluxo neutrônico.

Os produtos de fissão que deveriam ficar enclausurados no interior das varetas combustíveis por falha mecânica destas (principalmente em pontos de solda), permitem que estes produtos se precipitem para o circuito primário, vindo a contaminá-lo (este processo de vazamento pode ser monitorado). Desta forma, verificamos que o fluido do circuito primário (água desmineralizada) torna-se um meio contaminado<sup>4</sup> com estes materiais radioativos e, ao movimentar-se, irá contaminar todos os equipamentos que compõem este circuito (bombas, válvulas, pressurizador, gerador de vapor, redes, filtros, vaso de pressão e instrumentação).

### Processo de exposição a radiação ionizante pela tripulação de um submarino

A principal fonte radioativa a bordo será o núcleo do reator; secundariamente, identifica-se o circuito primário como um todo. Estas fontes podem irradiar um indivíduo de duas maneiras: irradiação externa e irradiação interna.

A irradiação externa ocorre quando a fonte radioativa encontra-se fora do corpo humano.

Assim, quando um tripulante pertencente ao grupo de operação da propulsão nuclear penetrar no compartimento do reator para executar uma operação de manutenção ou inspeção, ficará exposto às seguintes radiações ionizantes: gama ( $\gamma$ ), raios-x, beta ( $\beta$ ) de alta energia, e nêutrons ( $n$ ).

A radiação gama ( $\gamma$ ) e raios-x são duas formas de ondas eletromagnéticas diferindo entre si apenas pelas suas origens: radiações gama ( $\gamma$ ) são originárias do

núcleo do átomo e são produzidas em reações nucleares e os raios-x são causados por excitação ou remoção de elétrons orbitais ou por desaceleração de elétrons da eletrosfera do átomo.

Os raios gama ( $\gamma$ ) e raios-x são muito mais penetrantes que as partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ). São capazes de atravessar vários centímetros de chumbo e percorrem grandes distâncias no ar. Produzem poucas ionizações por unidade de comprimento em sua trajetória ao penetrar no corpo humano, em relação as partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ).

A radiação ionizante beta ( $\beta$ ), é uma partícula com carga negativa e com a mesma massa e carga dos elétrons, que tem origem no núcleo do átomo. Tem uma trajetória sinuosa na matéria e alcances definidos através do corpo humano. É muito mais penetrante que a partícula alfa ( $\alpha$ ), necessitando de alguns milímetros de material sólido ou

#### TIPOS DE FONTES DE RADIAÇÃO A BORDO DE SUBMARINOS

Fontes	Origem das radiações	Radiações	Atuação
Reator nuclear	fissão	Nêutron, gama e raio-x	Reator ligado
	Decaimento dos produtos de fissão	Gama e beta	Reator ligado e desligado
	Captura de nêutrons no refrigerante e no material estrutural	Gama	Reator ligado
Estrutura dos componentes	Decaimento radioativo da ativação do refrigerante e do material estrutural	Gama e beta	Residual - com o reator ligado e desligado
	Captura de nêutrons	Gama	Reator ligado e desligado
	Decaimento radioativo	Gama e beta	Reator ligado e desligado
Refrigerante do reator (água)	Decaimento radioativo	Gama e beta	Residual - com o reator ligado e desligado

líquido, ou alguns metros de ar para ser freada. Ocorre a emissão beta ( $\beta$ ) em consequência da mudança no núcleo do átomo de um nêutron (n) em um próton (p). A radiação beta ( $\beta$ ) perde energia na matéria por meio da colisão com os elétrons ligados desta matéria (excitação e ionização).

O comportamento do nêutron (n) com a matéria é completamente diferente das outras partículas carregadas (beta e alfa) ou radiações eletromagnéticas (gama e raio-x). O nêutron é uma partícula sem carga elétrica e assim sendo, nenhuma força coulombiana existirá entre os nêutrons e elétrons orbitais ou núcleo de algum átomo. Deste modo, para os nêutrons interagirem com a matéria, eles deverão entrar no núcleo do átomo ou aproximarem-se muito deste núcleo para ser influenciados pelas forças nucleares. Os nêutrons penetram no corpo humano com relativa facilidade, produzindo um número de ionizações por percurso muito menor do que aquelas produzidas pela radiação alfa ( $\alpha$ ).

### Formas de proteção contra a irradiação externa

A proteção contra a irradiação externa é baseada em três métodos: manter distância da fonte, controlar o tempo de exposição<sup>5</sup> à irradiação externa e utilizar blindagens entre a fonte e a região a ser protegida, durante as operações de risco.

Quando se fizer necessário penetrar em um campo radioativo (executar uma manutenção ou inspecionar o compartimento do reator), devemos aplicar estes métodos. Sabendo-se que os valores

de dose dos diversos pontos da área controlada são conhecidos por meio do mapeamento inicial desta área, poderemos planejar o método a ser aplicado nesta operação.

A distância, apesar de não ser a mais efetiva, é a forma mais fácil de proteção. Para as partículas beta ( $\beta$ ) que possuem alcance relativamente pequeno no ar, o uso de manipuladores a distância (ferramentas com extensão) garantem boa proteção. Para as radiações eletromagnéticas, a intensidade da radiação (taxa de exposição) decresce com o inverso do quadrado da distância. Uma solução seria a retirada do equipamento e o reparo da avaria em local mais afastado da fonte.

O controle do tempo de irradiação (permanência do operador no local da manutenção), aplica-se quando é necessário o trabalho em áreas com níveis elevados de radiação, para que as doses<sup>6</sup> recebidas não excedam aos limites estabelecidos (norma CNEN: 2,5 mRem/h). Isto, às vezes, leva ao método de rodízio entre vários operadores para a complementação da tarefa.

A blindagem é o mais importante método de proteção contra a radiação externa.

As partículas alfa ( $\alpha$ ) têm pequeno poder de penetração e, portanto, estando o indivíduo equipado com roupa de proteção, não apresentam problemas de radiação externa.

As partículas beta ( $\beta$ ) são facilmente blindadas com materiais de baixo número atômico (plásticos, lucite etc.) seguidos de uma folha de chumbo. Nunca devem ser blindadas com materiais pesados (chumbo e ferro), pois surgirá um grande problema, que é a geração de raio-x na própria blindagem.

Os raio-x e a radiação gama ( $\gamma$ ), por serem altamente penetrantes, necessitam de blindagens maciças, sendo necessário, para freá-los, materiais com alto número atômico (chumbo, concreto e ferro).

Para se trabalhar em um determinado equipamento que se encontra em um campo radioativo, o método mais prático para a montagem de blindagem para gama ( $\gamma$ ) e raio-x, é chamado de meia espessura. A meia espessura de um material absorvedor utilizado como blindagem é a espessura necessária para reduzir a intensidade da radiação à metade do seu valor anterior.

Para a blindagem dos nêutrons (n) rápidos é necessário que eles

TEMPO DE EXPOSIÇÃO	DOSE EFETIVA
1 hora	2,5 mR
2 horas	5 mR

Dose mR/h	40	20	10	5	2,5
1/2 espessura	0 cm	1/2 cm	2x 1/2 cm	3x 1/2 cm	4x 1/2 cm
material	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb

percam energia cinética de forma eficiente. Os materiais hidrogenados (água, parafina, polietileno) seguidos de uma folha de 1mm de cádmio ou uma folha de 1cm de boro, são os mais eficientes para reduzir a energia dos nêutrons.

É bom ressaltar que o operador poderá estar em uma determinada área do compartimento do reator, na qual encontra-se, ao mesmo tempo, exposto à todas as radiações descritas anteriormente. Será então necessário identificar a presença de cada uma, por meio de uma monitoração adequada e utilizar a técnica de proteção apropriada contra cada radiação ionizante.

### Blindagem da contenção do reator

O arranjo básico de uma blindagem de um reator tipo PWR de propulsão é constituído por uma blindagem primária e uma secundária.

A blindagem primária permite o acesso aos componentes do processo nuclear instalados entre a blindagem primária e a secundária,

após o desligamento do reator. É composta pelas blindagens térmica e biológica.

A blindagem térmica localiza-se dentro do vaso de pressão do reator. Constitui-se em uma chapa de aço na forma cilíndrica, montada entre o núcleo do reator e o vaso de pressão (cerca de 60cm) e o próprio volume de água do refrigerante, com a finalidade de atenuar a incidência dos nêutrons rápidos sobre a estrutura do vaso de pressão do reator, evitando maiores danos no vaso.

A blindagem biológica localiza-se fora do vaso de pressão do reator, e consiste de um tanque de água (diâmetro aproximado de 5m) em um arranjo de várias camadas de diferentes materiais (água, ferro, chumbo e polietileno) que envolve o vaso de pressão do reator, com a finalidade de proteção biológica.

A blindagem secundária envolve todo o reator nuclear, o circuito primário e seus componentes. Tem a finalidade, em operação normal, de conter a radiação que passa (vaza) pela blindagem primária e de conter

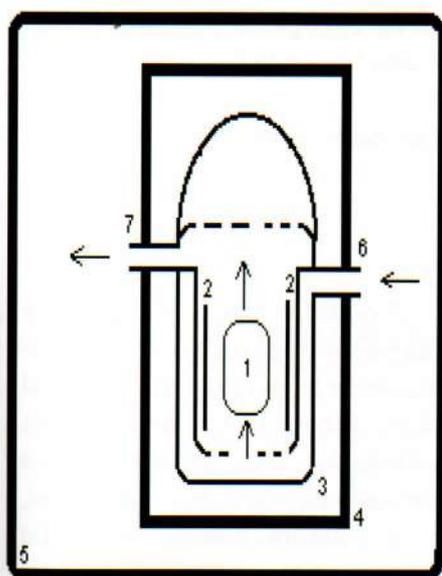
(confinar) os produtos radioativos em caso de acidente máximo com vazamento do refrigerante para a contenção. A blindagem secundária e construída com material de alta densidade, como concreto (2,5g/cm<sup>3</sup> e espessura aproximada de 50 a 60 cm), chumbo, ferro e outros materiais.

Cada componente do circuito primário (bombas, gerador de vapor, pressurizador e tubulações), localizados fora da blindagem primária, são blindados, dependendo do ponto, com aproximadamente 10cm de chumbo.

Vejamos o navio mercante dotado de propulsão nuclear de origem Alemã "OTTO HANN": a dose efetiva entre a blindagem primária e a secundária é de 60 mRem/h e a dose efetiva fora da blindagem secundária é de 0,06mRem/h.

### Proteção contra a radiação interna do corpo humano

O circuito primário é um circuito em forma de "loop" que trabalha a uma pressão de 150 bar e com uma temperatura de 270°C. No caso de uma avaria em um dos componentes



Doses operacionais a bordo do navio mercante OTTO HANN

local	Dose mRem/h	Limite anual
Praça de máquinas (CCM)	0,06	150
Praça das auxiliares	2	250
Área habitável	0,02	150
Contenção do reator	50	250

Modelo de Blindagem de um reator de propulsão

1 - Núcleo, 2 - barreira térmica, 3 - vaso de pressão, 4 - blindagem primária, 5 - blindagem secundária (casco do submarino e anteparas), 6 - entrada da água fria, 7 - saída da água quente.



Exemplos da atuação efetiva das blindagens primárias e secundárias a bordo de submarinos: Doses acumuladas em tripulantes após incidentes a bordo de submarinos: em 1955 e 1956, USS Nautilus; 1958, USS Seawolf e USS Skate.

Dose/ano acumulada	Nautilus 1955 e 1956		Seawolf 1958	Skate 1958
Rem /ano	tripulantes 106 e 110		tripulantes 107	tripulantes 102
0 a 0,049	56	44	46	54
0,05 a 0,29	18	32	50	40
0,3 a 0,59	10	19	8	5
0,6 a 0,89	8	3	3	2
0,9 a 1,19	7	5	0	0
1,2 a 1,49	7	2	0	0
1,5 a 2,1	0	3	0	1

deste sistema (engaxetamento das hastes das válvulas, tomadas para instrumentações, bombas hidráulicas, bujões de testes, tubos do gerador de vapor, tomadas para desaeração etc.), com vazamento do fluido para o compartimento do reator, este imediatamente se transformará em vapor saturado. Como o fluido está contaminado com partículas radioativas, irá disseminar a contaminação por todo o compartimento do reator e atmosfera ambiente. Assim sendo, vários cuidados deverão ser tomados para se evitar a contaminação interna do corpo humano por materiais radioativos.

A irradiação interna ocorre quando o material radioativo (pode estar na forma sólida, líquida ou gasosa), entrar no corpo humano e passar a irradiar dentro do próprio corpo. Isto pode acontecer quando ocorre o contato do corpo humano com o material radioativo, sem a devida proteção.

Durante as execuções das manutenções preventivas e/ou

corretivas (troca da carga de combustível, troca de filtros, desaeração do sistema etc.), pode haver a liberação de produtos de fissão em forma de partículas e/ou gases radioativos (Xenônio-133, Iodo-131 etc.) e outros tipos de materiais radioativos (partículas metálicas, resinas etc.).

O corpo humano, ao ser contaminado internamente por um material radioativo, passa a ser irradiado internamente. Sofre a ação das radiações eletromagnéticas (raios gama e raios-x), das radiações particuladas (alfa, beta, elétrons, nêutrons, prótons etc.).

As maneiras mais freqüentes de entrada de material radioativo dentro do corpo humano são: ingestão, inalação e adsorção pela pele. No caso de uma contaminação interna do corpo humano por material radioativo, pode haver a incorporação deste material nos órgãos internos.

Geralmente, os materiais radioativos que entram no corpo de um indivíduo atingem a corrente sanguínea e irão se depositar nos órgãos pelos quais tenham afinidades químicas. Estes órgãos são chamados de órgãos críticos (como exemplo, o rádio comporta-se, quimicamente, de maneira semelhante ao cálcio; portanto, quando o rádio é transportado pelo sangue, ele irá depositar-se nos ossos).

A partícula alfa é um núcleo de hélio-4, possuindo dois prótons e dois nêutrons. A partícula alfa perde energia por meio de excitação e ionização dos átomos do meio. O principal responsável pela perda de energia desta radiação é a interação dos campos coulombianos da partícula alfa com os elétrons da matéria. Em virtude das pequenas massas relativas envolvidas, as deflexões da partícula alfa são desprezíveis, o que faz com que elas caminhem quase em linha reta na matéria. A partícula alfa é a emissão radioativa menos penetrante e pode ser freada por poucos centímetros de ar ou uma fina folha de papel e produz uma ionização total muito intensa.

A radiação que causa mais danos biológicos (ionizações) às células humanas é a partícula alfa.

#### Proteção contra a contaminação interna e contaminação externa do corpo humano, por material radioativo

A proteção contra a inalação de materiais radioativos é a utilização de equipamento de proteção individual - EPI, dentro da contenção (área controlada). Este equipamento é composto de macacão, botas, luvas, touca, máscara, circuito fechado de ar de respiração, óculos, capuz,

dosímetro individual, instrumento para medição da dose - detector geiger e rádio comunicador). Desta forma, o operador não terá contato com o exterior e ficará protegido de uma eventual contaminação do corpo humano. Não terá, entretanto, proteção contra as ondas eletromagnéticas (raios gama e raios-x).

A proteção contra a ingestão de material radioativo consiste em: utilizar corretamente o EPI, não fumar, não comer, não beber na área controlada e manter uma rigorosa monitoração individual e higiene pessoal.

A proteção contra a absorção através da pele (adsorção cutânea), é feita pela utilização correta do EPI. Muitos materiais radioativos podem penetrar no corpo humano através da epiderme. Com a utilização correta do EPI, será evitado que a pele entre em contato com o meio externo.

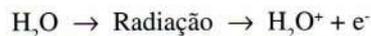
Pode ocorrer a penetração de materiais radioativos no corpo humano através de feridas (cortes, fratura exposta contaminação dos olhos etc.) causadas por acidentes a bordo (incêndio, alagamento, colisão, explosões etc.).

### Ação da radiação ionizante sobre as células do corpo humano

O organismo humano é uma estrutura extremamente complexa, cuja menor unidade com função própria é a célula. As células são constituídas por moléculas e estas por átomos.

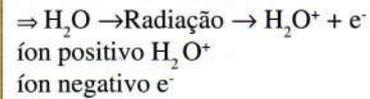
Os efeitos biológicos produzidos pelas radiações ionizantes são resultantes principalmente da interação destas com os átomos e moléculas do corpo humano.

Nesta interação, o primeiro fenômeno que ocorre é de origem física, consistindo na ionização e excitação dos átomos resultante da troca de energia entre a radiação e a matéria. Este fenômeno requer apenas uma fração de segundos ( $10^{-16}$ s), no qual a energia é transferida à célula, causando ionização. Como no corpo humano a maior porção é de água, o fenômeno ocorre da seguinte forma: Onde  $H_2O^+$  é o íon positivo e o elétron ( $e^-$ ) o íon negativo. 2/

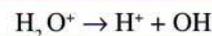


Seguindo-se ao fenômeno físico, inicia-se o fenômeno físico-

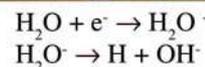
químico, onde ocorrem rupturas de ligações nas moléculas. Este fenômeno requer um tempo de aproximadamente  $10^{-6}$  segundos, no qual o processo anterior interage com outras moléculas vizinhas, resultando em novos produtos:



O íon positivo se dissocia:



O íon negativo, que é o elétron, liga-se à molécula neutra da água, que também se dissocia:



**Temos então:**

formação de radicais livres H e OH  
formação de íons  $H^+$  e  $OH^-$

Uma outra reação é a formação de peróxido de hidrogênio (água oxigenada), que é um agente fortemente oxidante.



### ALGUMAS NORMAS BÁSICAS DA OPERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES, QUANTO À RADIOPROTEÇÃO:

1. Planejar com cuidado qualquer trabalho (faina) dentro da contenção;
2. Manutenção preventiva rigorosa dos equipamentos individuais de proteção - EPI;
3. Ter conhecimento dos valores de exposição em toda área controlada (compartimento da propulsão), pois no caso de ocorrer uma anormalidade, será possível detectá-la;
4. Manter todas as ferramentas e instrumentos utilizados na manutenção dos equipamentos nucleares dentro da contenção, pois se as mesmas ficarem contaminadas com o uso. E forem retiradas do setor, poderiam disseminar a contaminação pelo submarino;
5. Em caso de contaminação pessoal, não disseminar esta contaminação para fora da contenção e sim proceder à descontaminação pessoal em local apropriado; e,
6. Manter rigorosa higiene pessoal e profissional, a fim de evitar incorporação de material radioativo ao corpo humano.

Dose Corpo Inteiro		Sobrevivência	Modo de Morte
Rem	Sv	Tempo	Corpo Humano
>10.000	>100	horas	síndrome do trato gastro intestinal (TGI)
5.000 a 10.000	50 a 100	3 a 10 dias	síndrome de medula
600 a 5.000	6 a 50	10 a 30 dias	óssea
200 a 600	2 a 6	nível celular	
	minutos	síndrome cerebral	
	minutos a		

A seguir, aparecem os fenômenos bioquímicos, que requerem em poucos segundos para os produtos das reações interagirem com as importantes moléculas orgânicas da célula. Os radicais livres e os agentes oxidantes atacam as moléculas complexas que formam os cromossomos.

Após os fenômenos bioquímicos, inicia-se o estágio biológico, que poderá se manifestar após dezenas de minutos e até vários anos, dependendo do sintoma particular (restauração dos danos causados pela radiação, morte celular e alteração do metabolismo local).

As mudanças químicas discutidas acima podem afetar uma célula individual de maneiras variadas:

- 1) morte prematura da célula;
- 2) interrupção ou atraso da divisão celular;
- 3) modificação permanente transmitida para as células filhas (mutação).

O homem é o alvo mais vulnerável à radiação nuclear e os efeitos da radiação ionizante no corpo humano são resultados dos danos em células individuais.

A reação do ser humano à radiação ionizante depende de alguns fatores, tais como:

- a) quantidade total de dose de radiação ionizante recebida (taxa de dose);
- b) resistência orgânica individual à radiação ionizante;
- c) dano físico recebido simultaneamente à dose de radiação ionizante;
- d) exposição do indivíduo a doses maciças em um tempo de exposição curto (exposição aguda); e,
- e) exposição do indivíduo a doses baixas num tempo de exposição longo (exposição crônica).

#### Limites primários anuais de dose equivalente efetiva

Os limites primários anuais de dose equivalente efetiva são

estabelecidos por normas internacionais e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

Estes limites de dose, fazem com que as áreas radioativas sejam classificadas em área restrita, supervisionada ou controlada.

Área restrita é sujeita a regras especiais de segurança, na qual as condições de exposição podem ocasionar doses anuais superiores a 1/50 do limite do trabalhador.

Área supervisionada é uma área restrita na qual as doses anuais são mantidas inferiores a 3/10 do limite do trabalhador ( área habitada do navio, sala de controle, alojamentos e coberta de rancho).

Área controlada é uma área restrita na qual as doses equivalentes anuais podem ser iguais ou superiores a 3/10 do limite do trabalhador (centro de controle de máquinas - CCM, compartimento das auxiliares, do reator etc.)

As doses estabelecidas pela CNEN/1/, são as utilizadas pelas usinas nucleares para geração de energia elétrica e reatores nucleares de pesquisa. São também aplicadas em outras áreas onde se manuseia radiação ionizante.

Limites primários anuais de dose equivalente de acordo com a norma CNEN NE-3.01 (tabela abaixo).

CNEN	Indivíduo			
	Trabalhador		Público	
Dose anual				
corpo todo	50mSv	5rem	1mSv	0,1Rem
pele	500mSv	50Rem	50mSv	5Rem
cristalino	150mSv	15Rem	50mSv	5Rem
pés, mãos	500mSv	50Rem	50mSv	5Rem

## Conclusões

É de vital importância a formação do grupo de operação de reatores nucleares de acordo com as normas em vigor da CNEN para garantir uma operação segura da instalação nuclear. Porém, para garantir a segurança dos indivíduos, será necessário que toda a tripulação tenha um treinamento em radioproteção. E assim, assegurar que as operações sob o controle do Comandante do submarino sejam conduzidas de tal maneira que a saúde e a segurança da tripulação, dentro e fora dele estejam salvaguardadas.

O grupo de operação nuclear deve formular medidas de radioproteção e verificar que elas tenham sido aplicadas e deve, ainda, proporcionar um treinamento

apropriado a toda tripulação.

Toda e qualquer faina de manutenção (preventiva e/ou corretiva), no processo nuclear, deverá ser muito bem planejada antes de ser executada.

Os efeitos biológicos da radiação ionizante podem ser provocados por outras causas que não a radiação ionizante: isto é, não são específicos das mesmas. Outros agentes físicos, químicos ou bioquímicos podem causar os mesmos efeitos. Porém, é bom lembrar que o tempo que decorre entre o momento da irradiação e o aparecimento (visível) de danos decorrente da exposição crônica (doses baixas com tempo longo de exposição), apresentam tempo de latência da ordem de dezenas de anos.

SO Peres realizou o Curso de Subspecialização de Submarinos para Praças, em 1975.

## NOTAS

<sup>1</sup> Rem (Roentgen equivalent man) esta grandeza avalia a radiação recebida por um indivíduo.

<sup>2</sup> fonte radioativa; é qualquer material ou aparelho que emita radiação ionizante

<sup>3</sup> O processo de perda de energia cinética dos nêutrons por meio das colisões com os átomos de hidrogênio da água.

<sup>4</sup> Contaminação - presença indesejável de material radioativo em pessoas, materiais, locais, etc.

<sup>5</sup> Exposição - irradiação externa e interna de pessoas com radiação ionizante.

<sup>6</sup> Conceito de dose foi introduzido em proteção radiológica em analogia ao seu uso em farmacologia, uma vez que queremos determinar o efeito causado por uma dose de radiação ionizante.



## Considere-se um privilegiado.

Só o Consórcio Nacional POUPEX tem as melhores taxas.

Confira:

**5%**

para turismo

**9%**

para carros e motos

**10%**

para eletroeletrônicos

**12%**

para imóveis

**Aproveite**  
Você também pode  
participar

Para Militares, seus filhos, pensionistas e servidores civis das Forças Armadas, funcionários do Banco do Brasil e conveniados.

**CONSÓRCIO  
NACIONAL  
POUPEX**

O ÚNICO COM A GARANTIA FHE

Adquira já a sua cota:

**0800 61-3040**

[www.fhe.org.br](http://www.fhe.org.br)

**Escritórios da  
FHE/POUPEX**

ESCRITÓRIO REGIONAL DA FHE NO RIO DE JANEIRO - ESCRJ

Palácio Duque de Caxias - Ala Cristiano Ottoni - 3º Andar - Centro - 20221-260  
Rio de Janeiro - RJ - Fone (21) 2253.8395 e 2253.0102 - Fone e Fax (21) 2253.0860

**FUNDAÇÃO  
HABITACIONAL  
DO EXÉRCITO**  
[fhe.org.br](http://fhe.org.br)

**POUPEX**  
Associação de Poupança e Empréstimo  
[poupex.com.br](http://poupex.com.br)



“O preparo e a qualificação de Comandantes e tripulações para execuções de tarefas principais e secundárias tornam-se óbvios dentro das múltiplas capacidades de emprego do submarino.”

## Estágio de Qualificação para futuros

# Comandantes de Submarinos - 2005

■ Capitão-de-Corveta Alexandre Madureira de Souza

No tenso compartimento de comando do submarino, as atenções se voltam para o CF Renaud. O sonar e a PAC revelam que um navio mercante está saindo da enseada do Forno, local onde deve ser realizada uma minagem ofensiva. A reite zero e o aumento do áudio nos hidrofones do sonar indicam uma aproximação rápida do contato. A área é defendida pelo Contratorpedeiro (CT) Pará e pela Fragata Greenhalgh que contam com apoio de uma aeronave SH-3A, além do Aviso de Apoio Costeiro Almirante Hess. Em face da oposição encontrada e do tempo alocado, efetuar a minagem parece uma tarefa impossível. O Comandante Renaud observa o mercante, confirmando sua proximidade, e ordena “COTA 30 METROS”. Seus olhos fixos no manômetro de pequena profundidade aguardam a chegada do submarino à cota de segurança, enquanto o

mercante se aproxima. As plotagens registram a passagem do mercante exatamente sobre o submarino, e sua proximidade pode ser sentida nas estruturas do comando. Deixando o mercante para trás, divulga à sua equipe: “Passamos sob o contato, que saía da enseada do Forno, e cruzamos a linha de barragem da Fragata Greenhalgh encoberto pelo ruído irradiado por este mercante” .

O Comandante Renaud é um dos oficiais que participam do Estágio de Qualificação para os Futuros Comandantes de Submarinos, neste ano (EQFCOS-2005), e a tarefa a ele imposta ainda está no início. Para cumpri-la, não poderá abrir mão da segurança e a discricção do submarino. Se conseguir executar a minagem, terá que encontrar uma maneira de se evadir, passando pelas linhas de barragens da fragata e do contratorpedeiro e buscar águas

profundas e seguras aguardando uma nova tarefa. O cumprimento da tarefa não lhe garantirá o sucesso no estágio. Este será garantido por sua maneira de conduzir o submarino, por sua capacidade de manter o quadro tático compilado e atualizado, por sua habilidade de extrair de sua equipe de ataque o máximo de informações relevantes a cada momento e, finalmente, por sua capacidade em decidir sobre pressões extremas em função de cada mudança do quadro tático reinante.

**Por que investir na qualificação dos Comandantes de Submarinos?**

O uso do submarino está relacionado, de maneira clássica, à tarefa de negar o uso da área marítima, cujo controle pleno não seja possível ou necessário por parte de nossas forças, obrigando o

inimigo dispender um imenso esforço para manter o controle da área de seu interesse, ou ainda desistir de tal esforço, em face do elevado risco a que estará expondo suas forças.

O submarino é, também, largamente empregado, de maneira secundária, em tarefas realizadas em águas controladas pelo inimigo, onde o sigilo absoluto é fundamental. Durante as operações da OTAN nos Bálcans, nos anos 90, submarinos holandeses foram utilizados em reconhecimento eletrônico, interceptando chamadas, por celulares, de líderes bósnios e seus aliados nas praias de Montenegro, além de monitorar as atividades da nova Armada iugoslava nas bases de Bar e Kotor. As informações coletadas foram consideradas pelas forças aliadas, na ofensiva da OTAN contra as Forças iugoslavas, em 1999.

O preparo e a qualificação de Comandantes e tripulações para execuções de tarefas secundárias tornam-se óbvios dentro das múltiplas capacidades de emprego do submarino. Tarefas como lançamento de agentes, minagens ofensivas e esclarecimentos dos mais diversos tipos fazem parte da vocação natural deste tipo de navio. A não utilização do submarino nas atividades supracitadas, por incapacidade de suas tripulações, seria simplesmente inaceitável.

#### O ESTÁGIO DE QUALIFICAÇÃO PARA FUTUROS COMANDANTES DE SUBMARINOS

Concebido com o propósito de aprimorar o preparo profissional dos oficiais submarinistas para o desempenho do cargo de Comandante de submarino, o estágio foi montado originalmente tendo como referência o "Submarine Command Course – Perisher" da Marinha inglesa.



#### O COMANDANTE DO SUBMARINO:

Além da higidez física, ser Comandante de um submarino requer uma elevada capacidade de liderança. A primeira característica deve ser o espírito de equipe. Esta característica é extremamente importante. Um comandante de submarino deve ser capaz de extrair o melhor de sua tripulação. E isto é algo que não se aprende totalmente. Deve-se ter talento.

O Comandante de um submarino deve ser resistente ao estresse e, ainda, manter o conhecimento da situação tática em todas as circunstâncias. Deve ser capaz de lidar com todas as ameaças vigentes como um helicóptero dipando com seu sonar, a localização das unidades de superfície em busca AS e a profundidade em que deverá estar escondido um submarino inimigo. Por outro lado, tem que conhecer a sua tripulação a ponto de saber se ela ainda está atenta e pronta para o combate. Ele tem que ser decidido sem ser ansioso, mas jamais ser hesitante.

O Comandante do submarino trabalha contra o relógio. Quando a tripulação estiver extenuada, o comandante deverá aumentar o seu estado de alerta. Ele jamais terá a oportunidade de consultar seu superior para tomar uma decisão. Ele estará sozinho.

Sem dúvida alguma, o Comandante de um submarino deve ser um líder com a capacidade de selecionar, dentre as informações obtidas, aquelas de real interesse, conhecer bem o emprego do meio, ser agressivo e buscar a excelência no cumprimento da missão atribuída, considerando, sempre, a segurança do submarino e sua tripulação, revela o CMG Afrânio, Presidente da Banca do EQFCOS-2005.

Segundo o CF Renaud, alguns atributos são fundamentais ao Comandante de um submarino. "Ter um profundo conhecimento do emprego tático de um submarino no contexto atual. Conhecer a sua plataforma, suas possibilidades e limitações e não ter receio de empregá-las em casos extremos. Saber motivar sua tripulação, sem jamais abrir mão da eterna vigilância e do adestramento. Saber empregar o armamento utilizado pelo seu submarino, bem como conhecer o armamento A/S do partido oponente. Finalmente, liderar pelo exemplo e pelo conhecimento técnico."

O estágio conta com pouco tempo alocado para sala de aula, sendo utilizado para atualização dos sistemas sonar e direção de tiro, identificação e utilização do submarino em tarefas principais e secundárias. São programadas palestras sobre o emprego de unidades A/S de superfície e aéreas, bem como os fenômenos físicos e sua influência nas operações de submarinos, ministrado por um representante do Centro de Hidrografia da Marinha. Entretanto, o estágio revela-se extremamente prático com cinco semanas alocadas para exercícios no treinador de ataque (TA), além de duas semanas durante as quais os oficiais, embarcados nos nossos submarinos e investidos da posição de "Comandante de serviço", preparam e executam as diversas tarefas anteriormente realizadas no treinador.

Durante todo o período em terra, os oficiais estagiários são acompanhados por um instrutor, apoiado por uma equipe de praças qualificadas que os treina exaustivamente, apontando as deficiências e corrigindo suas falhas de modo a dotá-los de ferramentas técnicas para que, juntamente com suas experiências

pessoais e características próprias, possam provar que são capazes de comandar um submarino.

A avaliação desses oficiais ficará a cargo de uma banca, designada pelo Comandante de Força de



Turma do EQFCOS 2005

Submarinos, composta por três oficiais com experiência no comando de um submarino. O Presidente será um Capitão-de-Mar-e-Guerra. O segundo membro será o Supervisor do estágio, um Capitão-de-Fragata que acompanha o grupo, também, no Treinador de Ataque. O terceiro membro da banca será o Comandante do submarino empregado para a fase de mar em questão.

O estágio teve início no dia 7 de março e, durante oito longas

semanas, seis oficiais foram levados a condições extremas de estresse, e avaliados por suas capacidades em cumprir cada tarefa imposta, com segurança e disciplina. Além do CF Renaud, participaram do estágio o CF Arentz, CF Viola, CF Pessanha, CF Figari ( da Armada do Chile) e o CF Krasser ( da Armada Argentina).

No início, o grupo de oficiais selecionados para o estágio mostrava-se bastante heterogêneo, quer pela diferença na doutrina de emprego do submarino ( no caso do oficial argentino), quer pela diferença entre as experiências acumuladas ao longo de suas carreiras. Após uma curta semana em sala de aula, seguiram-se os exercícios no TA.

A cada nova seqüência, as dificuldades a serem superadas iam aumentando e, como era de se esperar, o desempenho dos oficiais melhorando. Esta era a fase de segurança do estágio, onde se queria avaliar a capacidade dos oficiais em controlar diversos contatos, mantendo o submarino na cota periscópica. Na manhã do dia 28 de março, os oficiais pegaram a lancha de apoio do IEAPM. O sol nascente iluminava a ilha do Cabo Frio e a enseada dos Anjos. No trajeto entre o cais da pesca, em



A Fragata Defensora partindo para cima do Submarino Tapajó, durante a fase de segurança, no mar.



O Contratorpedeiro Pará em patrulha em sua linha de barragem, durante a fase tática do estágio, enfrentando mar grosso.

# Militar da Marinha, agora você tem benefícios exclusivos.

**Receba seus vencimentos em um dos maiores bancos do País e aproveite:**

- **Isenção por tempo indeterminado** da mensalidade do Pacote de Serviços<sup>(1)</sup>.
- **Cheque Especial com 13 dias**<sup>(2)</sup> corridos ou alternados para você utilizar o limite do seu Cheque Especial sem pagar juros.
- **Cheque Especial do Investidor:** você pode ter à sua disposição um limite de crédito adicional ao seu Cheque Especial no valor de 90% dos seus investimentos<sup>(3)</sup> no Unibanco, e com a menor taxa de juros do mercado.
- **Plano Único:** um plano imobiliário, que possibilita aquisição de carta de crédito em até 36 meses e 100 vezes para pagar, sem juros e sem burocracia.
- **Crédito Imobiliário**<sup>(4)</sup> para você adquirir sua casa própria com taxas exclusivas de 10,5% a.a. + TR.
- **Crédito Consignado**<sup>(4)</sup> com taxas a partir de 1,90% e pagamento em até 48 meses.
- **Cartões 30 HORAS e Múltiplo**<sup>(4)</sup> com anuidade gratuita para sempre
- **Cartão Varig Gold**<sup>(4)</sup> e **International**<sup>(4)</sup> com desconto de 50% na anuidade por tempo indeterminado.
- **Isenção de tarifas para 5 saques por mês na rede Banco24Horas.**

**Abra sua conta agora mesmo, transfira seus vencimentos e conte com uma equipe especializada para atendê-lo prontamente.**

**Vá a qualquer agência Unibanco ou ligue 0800 788 182.**



1 - No caso de transferência de crédito salário.

2 - Sujeito à análise de crédito. Após o 14º dia de utilização, serão cobrados juros por todo o período utilizado.

3 - Válido para investimentos em Poupança, CDB e determinados Fundos de Investimento.

4 - Sujeito à análise e aprovação de crédito.



*Submarino Tupi suspende para mais um dia de treinamento com o EQFCOS - 2005*

Arraial do Cabo, e a enseada do Forno, onde estava fundeado o submarino Tapajó, o silêncio angustiante era quebrado apenas pelo ruído da embarcação. Alheios à beleza da paisagem os oficiais concentravam-se em suas provas. Com o embarque do Presidente e do Supervisor do Curso estava formada a banca que os avaliaria nesta fase. Junto com os oficiais embarcava aquele que poderia ser o seu principal algoz: o fator emocional. Como comandantes de submarino, teriam que ser capazes de controlá-lo e, eventualmente, colocá-lo a seu favor.

Após uma extenuante semana em Arraial do Cabo, estava concluída a fase de segurança do estágio. A partir deste momento, os esforços dos estagiários estariam concentrados na segunda fase do curso, voltada para o emprego tático do submarino. Durante três longas semanas no TA, os oficiais treinariam ataques a navios isolados e a navios de interesse escoltado por uma força naval, e ainda, realizariam várias tarefas

secundárias (operações especiais, minagens e operações de esclarecimento). Após cada dia intenso realizando ataques, os oficiais seriam obrigados a realizarem seus planejamentos para as tarefas secundárias que lhes fossem impostas. Na última semana do mês de abril os oficiais estavam prontos para serem novamente avaliados. Mais uma vez, a lancha de apoio do IEAPM fez o trajeto cais da pesca x submarino Tupi. Neste instante, teve início a última fase do curso. O tempo totalmente encoberto anunciava uma semana chuvosa, fria e com mar agitado. A cada novo exercício as condições iam se alterando. A Fragata Greenhalgh e o Contratorpedeiro Pará caçavam o submarino que, como um grande tubarão, escorregava silenciosa e seguramente sob as ordens dos "Comandantes de serviço", preservando a discrição do submarino e buscando, com tenacidade, o cumprimento da tarefa imposta. Terminado o último exercício, o submarino vem à superfície e

demanda a enseada do Forno. No tempo aberto, a ruína notável do velho farol da ilha do Cabo Frio se apresenta, como se estivesse cumprimentando os oficiais pela conclusão do estágio. A lancha de apoio recolhe os oficiais. O ruído dos motores do submarino vai diminuindo, à medida em que o barco se afasta. O ar puro da enseada dos Anjos lava os pulmões dos oficiais que, aliviados, conseguem perceber a beleza abundante daquele porto seguro.

Quais serão os futuros comandantes dos nossos submarinos não sabemos, mas os oficiais que se apresentaram para participar do estágio, puderam mostrar à banca tudo o que aprenderam desde o dia em que chegaram ao CIAMA para cursar o CASO, em 1989, iniciando, naquele momento, a sua preparação para exercer o comando de um submarino.

---

*CC Madureira é instrutor do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Átila Monteiro Aché*



# SURVEY

ENGENHARIA E SERVIÇO LTDA

## A EMPRESA

A SURVEY Engenharia é uma empresa do ramo de reparos navais, offshore e industrial.

Fundada no início de 1997, reúne profissionais altamente qualificados oriundos do extinto estaleiro Verolme.

## SUAS PRINCIPAIS ATIVIDADES SÃO:

**ESTRUTURA, TUBULAÇÃO, ISOLAMENTO E ACABAMENTO.**

## PRINCIPAIS CLIENTES:

TRANSOCEAN BRASIL, PRIDE BRASIL, SCHAHIN PETRÓLEO, MARINHA DO BRASIL

**SOLUÇÕES INOVADORAS  
QUALIDADE E RAPIDEZ**

## Endereço:

Angra dos Reis – Rua Marçílio Dias, 220

Rio de Janeiro – Praia do Flamengo,

66 / 1404

Telefax: 21 2225-0115 / 21 2556-2071

E-mail: [surveyen@terra.com.br](mailto:surveyen@terra.com.br)



# Na preparação para a guerra junto aos "US NAVY SEALS"



■ Capitão-Tenente Fernando Antonio Resende Brito

## Introdução

Conhecidos mundialmente como militares especializados em Operações Especiais que envolvam o meio aquoso como parte ou a totalidade de seu ambiente de operação, os "US Navy SEALs", Mergulhadores de Combate (MECs) da Marinha americana, têm sido agora requisitados para cumprir



missões eminentemente terrestres na Guerra do Iraque e do Afeganistão. Durante trinta e cinco dias dos meses de outubro e novembro de 2004, pude observar como foi realizada a fase final de preparação de dois pelotões, que teriam seu emprego previsto dentro de dois meses a partir do término daquele período de treinamento.

O nome "SEAL", ao contrário do que dizem os leigos no assunto, não significã a palavra foca, mas sim constitui uma abreviatura: SE – de "sea" (que quer dizer mar), A – de "air" (que quer dizer ar) e L – de "land" (que quer dizer terra). Esta sigla procura expressar a diversidade de meios em que operam esses

combatentes que, como ocorre também no caso do Brasil, além de mergulho, estão habilitados também para realizar operações especiais terrestres e os mais diversos tipos de operações aéreas, incluindo-se, neste caso, o pára-quedismo. A propaganda que é feita nos meios de comunicação dos Estados Unidos a respeito da eficiência operacional destes militares e suas ações é invejável: pode-se encontrar diversos títulos de livros e mesmo filmes que falem a respeito dos MECs americanos, isso sem falar de grifes de roupas, modelos de relógios e até mesmo brinquedos dotados com equipamento de mergulho de circuito fechado.

A oportunidade de poder participar de treinamentos realizados na fase final de preparação de SEALs para emprego breve foi uma experiência muito importante, onde pude observar com detalhes como os MECs americanos estão preparando-se para enfrentar tal situação. Contudo, eu não fui o primeiro brasileiro a realizar um intercâmbio deste tipo; antes de mim, a Marinha do Brasil teve quatro militares cursados em UDT ("Underwater Demolition Team"- a unidade precursora dos atuais SEALs) e dois Oficiais formados no curso de SEAL. Além disso, em duas ocasiões, equipes inteiras de mergulhadores de combate realizaram intercâmbio em território americano.

Como saldo positivo deste intercâmbio, pude apresentar diversas observações no nível tático, que já estão sendo devidamente avaliadas e empregadas (quando julgadas como sendo válidas) dentro do Grupamento de Mergulhadores de Combate (GRUMEC). No entanto, houve uma série de outras experiências, não tão restritas às técnicas específicas de operações especiais que serão o alvo desta matéria que ora passo a apresentar.

### Situação Geral

Durante o intercâmbio, foram acompanhadas as atividades de dois pelotões de mergulhadores de combate da Marinha americana no módulo de treinamento de operações especiais terrestres. Este módulo tem a duração de cinco semanas, e foi realizado integralmente no "Naval Special Warfare Training Facility - Camp Connors", que fica dentro de uma base do Exército americano na cidade de "A.P. Hill" no Estado da Virginia -VA, na costa leste dos Estados Unidos.

### Características da Área de Operação

A base, situada a cerca de cem quilômetros ao Sul de "Washington D.C.", não possui fronteiras marítimas nem vias navegáveis em seu interior. Isto fez com que, em nenhuma ocasião, tenha-se treinado qualquer tipo de operação terrestre com infiltração partindo da água. Convém observar



*Dispositivo de acionamento de cargas explosivas por ondas de rádio*



elas ficam completamente desfolhadas).

As temperaturas, beirando os dez graus celsius durante o dia e abaixo de zero durante a noite obrigam a utilização de casacos, gorros, luvas e meias com tecidos especiais, que além de impermeáveis eram transpiráveis<sup>1</sup> (como é o caso do "Gore-Tex"). Sem estes

que este tipo de operação, no momento, não tem adquirido grande relevância no treinamento dos MECs americanos devido às características dos teatros de operações do Iraque e Afeganistão.

O relevo da região é predominantemente plano, com clima temperado e floresta subtropical caducifolia. Portanto, no período do intercâmbio, as patrulhas foram realizadas em um cenário diferente do comumente encontrado no Brasil: uma mata com grandes árvores mas muito pouco densa e quase sem vegetação rasteira ou arbustiva (o que facilitava em muito a progressão no terreno). Na região, durante essa época do ano, as árvores começam a perder sua folhas (no inverno

materiais, aumenta-se, em muito, o desconforto e o peso da indumentária. Um aspecto curioso a respeito do clima da região era a chuva: no local, a chuva típica era a *drizzle*, como se fosse um chuveiro muito leve que chegava a ter a duração ininterrupta de três ou quatro dias. Durante o inverno na região, não é comum nevar muito, mas neva ocasionalmente. Ventava muito pouco na região.

#### Nota:

<sup>1</sup> Permitindo o fluxo de vapor do suor corpo para fora, mas impedindo a penetração água da chuva e umidade externa.

Apesar da diferença climática em relação ao Iraque, o local é adequado para a realização dos treinamentos devido à proximidade da sede dos grupamentos da costa leste, e por permitir a execução de todos adestramentos previstos no módulo de operações especiais terrestres.

### Organização

Em cada costa do litoral americano existem quatro grupamentos de mergulhadores de combate subordinados a um comando único. No caso da costa leste, os SEAL Team ficam situados na Base Anfíbia de "Norfolk" e recebem os números dois, quatro e oito, sendo que o SEAL Team de número seis recebe o nome de "Navy Special Tactics Development Group" (possuindo tarefas peculiares diferentes dos outros grupamentos). Todos esses grupamentos de números pares ficam subordinados ao "Naval Special Warfare Group Two". Este Comando, por sua vez, é subordinado ao Comando Combinado de Operações Especiais dos Estados Unidos - USSOCOM ("United States Special Operations Combined Command").



**Sistema de mira laser para emprego com equipamento de visão noturna**

Na costa oeste a mesma situação se repete havendo os grupamentos um, três, cinco e sete subordinados ao "Naval Special Warfare Group One".

Cada grupamento possui quatro pelotões operativos constituídos de, aproximadamente, quinze militares. Os pelotões operativos não se envolvem em nenhum tipo de tarefa administrativa ou planejamento de qualquer tipo de adestramento. A esses pelotões cabe, apenas, o cumprimento da cinemática estipulada e planejada pelos instrutores do seu respectivo "Naval Special Warfare Group".

### Infra-Estrutura

A infra-estrutura criada dentro do sistema de treinamento dos mergulhadores de combate americanos permite que os militares que fazem parte de equipes operativas detenham-se, estritamente, ao controle dos equipamentos empregados durante os treinamentos e ao seu aprestamento em si. Toda a cinemática dos eventos, meios de apoio, instruções e a confecção de documentos doutrinários ficam sob a responsabilidade de militares do "Naval Special Warfare Group Two", enquanto a parte de fornecimento de equipamentos, meios e demais atividades de apoio ficam sob a responsabilidade de um departamento de apoio do SEAL Team 4. No sistema de trabalho utilizado pela Marinha americana, emprega-se um grande número de militares, não Mergulhadores de Combate, em cada OM.

Durante toda a fase de preparação para a prontificação dos pelotões, os adestramentos são realizados em módulos com a duração de uma a cinco semanas onde são vistos os mesmos assuntos ao longo do período. Isso permite que

os militares concentrem-se nos aspectos treinados durante aquele módulo e proporcionando uma evolução contínua dentro da atividade abordada. Os módulos de treinamentos por que passam os pelotões são os seguintes, com as seguintes durações:

- Módulo de Operações Especiais Terrestres – cinco semanas;
- Módulo de Técnicas de Tiro em Ambiente Confinado – três semanas;
- Módulo de Operações Especiais em Área Urbana – três semanas;
- Módulo de Emprego de Viaturas – duas semanas;
- Módulo de Retomada e Resgate – três semanas;
- Módulo de Operações Aéreas - uma semana; e
- Módulo de Mergulho – uma semana.

Vale observar que, devido ao fato de, no momento, os Estados Unidos estarem envolvidos em guerras onde é baixa a possibilidade de emprego de mergulho ou pára-quedismo, estas duas atividades estão tendo seu tempo de adestramento bastante reduzido (uma semana).

### Treinamento

Os seguintes adestramentos foram realizados dentro do módulo acompanhado:

- Adestramentos de patrulha terrestre;
- Adestramentos de tiro com fuzil, pistola, lançadores de granada e foguetes;
- Adestramentos de tiro de reação contra alvos móveis;
- Técnicas de movimentação individual para a realização de fogo em movimento;
- Adestramentos de demolição (incluindo o emprego de dispositivos de acionamento rádio de cargas explosivas);

- Adestramentos de técnicas de ação direta (“raid”), também chamadas de SSE (“Sensitive Site Explotation”) – Exploração de Áreas Sensíveis;
- Adestramentos de técnicas de ação imediata;
- Adestramentos de procedimentos a serem adotados em caso de homem ferido em combate;
- Adestramentos de procedimentos para solicitação de apoio de fogo aéreo aproximado e evacuação aeromédica; e
- Adestramentos de técnicas de reconhecimento operativo, também conhecido como SR – (“Special Reconnaissance”); e
- VI – Intercepção de Viaturas (“Vehicle Interdiction”).



Fita adesiva moldável com alto-explosivo

### Equipamentos

Os MECs americanos dispõem de equipamentos que estão no estado da arte da guerra não-convencional e que propiciam uma grande versatilidade de emprego. Dentre estes, encontram-se os que são de uso exclusivo das unidades de Operações Especiais americanas, devido ao nível de adestramento exigido para sua operação, e os que são empregados nas Forças Armadas americanas de uma maneira geral.

Alguns destes dispositivos encontram-se abaixo relacionados:

#### a) Recursos empregados exclusivamente pelas unidades de Operações Especiais americanas:

- Dispositivos de mira a laser para realização de tiro noturno – este dispositivo permite que o atirador realize seus disparos com uma maior precisão. O feixe que orienta a direção do tiro só é avistado por quem utiliza os equipamentos de visão noturna (a olho nu o feixe fica invisível);
- Modelo de fuzil M-16 especialmente desenvolvido para operações especiais (modelo SOPMOD), com adaptação de sistemas de mira a laser, supressores de ruído, lanternas e lunetas;
- Armamentos para tiro “Sniper”;
- Dispositivos fornecedores de distância (“Range Finder”) – muito úteis para a realização de disparos com foguetes e para o tiro de precisão;
- Equipamentos de detonação de cargas explosivas por acionamento remoto (“Radio Firing Devices” - RFD)
- Emprego de munição de tinta (simunition) para adestramentos;
- Utilização de equipamentos de coleta de dados (câmeras fotográficas e filmadoras) em combinação com dispositivos de visão noturna e térmica e teleobjetivas em operações de reconhecimento; e
- Emprego de *Lap-Tops/Notebooks* com *softwares* para armazenamento e envio imediato de informações (texto e fotos), via rádio, para o escalão superior.

#### b) Recursos empregados pelas Forças Armadas americanas:

- Emprego de equipamentos de comunicação rádio de última geração;
- Dispositivos de alvos móveis do tipo ATA – esses alvos são portáteis,

acionados via rádio, e são programados para abaixar somente depois de atingidos. Isso permite que se montem diferentes pistas de tiro de reação com uma avaliação precisa da performance de cada atirador; e

- Óculos de visão noturna de terceira geração – estes dispositivos, além de apresentarem diversas melhorias em relação aos modelos anteriores, no que diz respeito à qualidade das imagens, são muito confortáveis (diferentemente dos equipamentos de gerações anteriores). Dentro das patrulhas noturnas era previsto o emprego contínuo desses equipamentos, permitindo uma visão da área de operação.

### Conclusão

É inegável a importância que os Estados Unidos vêm dando ao emprego de Forças Especiais em conflitos, devido à sua versatilidade, baixo custo político, economia de meios e resultados cirúrgicos obtidos em pontos de interesse específicos e bem definidos. Os mergulhadores de combate, apesar da inexistência de vias navegáveis, lagos ou mar nos presentes teatros de operação, estão sendo plenamente empregados, devido à sua reconhecida capacidade para o combate, também, em missões terrestres. O apoio logístico que vem sendo dado para este tipo de atividade favorece o desenvolvimento de um nível de aprestamento elevado e os equipamentos de alta tecnologia podem ajudar a fazer a diferença nas situações táticas enfrentadas nas missões reais a que são designados os SEALs.

---

*CT Brito serve no Grupamento de Mergulhadores de Combate.*

## CAUSAS E EFEITOS

# Ataques Submarinos Alemães nas Águas do Continente Americano

■ *Capitão-de-Fragata*  
João Ricardo dos Reis Lessa

### Introdução

Em 11 de dezembro de 1941, a Alemanha declarou guerra aos Estados Unidos da América (EUA), trazendo para o continente americano, por meio da sua arma submarina, a guerra que já durava dois anos na Europa. O que pode parecer uma demonstração de violação do Direito Internacional (os EUA declaravam-se neutros até então), na verdade foi o clímax de uma situação que se apresentava como inevitável, desde o início do conflito no teatro europeu.

Com a guerra atingindo os EUA, era esperado que o envolvimento no conflito, de outros Estados do continente que mantivessem relações comerciais com esse país, fosse apenas uma questão de tempo.

O Brasil, como grande fornecedor de matéria-prima e com a posição geográfica estrategicamente privilegiada que possui, tornou-se objeto de interesse para as nações envolvidas no conflito.

Este ensaio se propõe a expor os motivos que levaram a campanha submarina às costas americanas durante a II Guerra Mundial (II GM) e sua relação com o Brasil.

### Antecedentes históricos

Nos primeiros dias da I Guerra Mundial (I GM) (1914 - 1918), a Grã-Bretanha recebeu grandes quantidades de armas e créditos financeiros dos EUA que, naquele momento, ainda possuíam a

condição de país neutro. O desenvolvimento do conflito e o crescente envolvimento comercial e financeiro americano com o esforço de guerra britânico não deixavam outra alternativa aos EUA senão entrar no conflito. Afinal, um devedor como a Grã-Bretanha não poderia correr o risco de se tornar inadimplente, o que causaria abalos na economia americana.

A crescente tensão na Europa nos anos que antecederam a II GM e a própria experiência da I GM fizeram com que os EUA decidissem que, no futuro, não mais se envolveriam em conflitos estranhos ao país. Esta tendência à neutralidade foi consubstanciada no Ato de Neutralidade de 1937, que proibia a exportação de material bélico e a concessão de créditos financeiros a Estados beligerantes.

Este ato também vedava aos navios e cidadãos americanos a passagem por áreas onde nações estrangeiras estivessem em conflito.

Apesar do apoio popular ao ato de neutralidade, a posição da política externa dos EUA era divergente das orientações do referido documento. Em novembro de 1939, o Presidente americano, Franklin Roosevelt, suspendeu o embargo às exportações de armas e suprimentos de guerra a países beligerantes. A suspensão foi fundamentada na cláusula do "Cash-and-Carry", que permitia comerciar com qualquer beligerante que possuísse condições de pagar e transportar as mercadorias negociadas nos seus próprios navios.

Considerando a hegemonia do poder marítimo britânico naquela época e observando a incapacidade da Marinha Alemã de, pelo menos



*Preparando para abordar o Submarino U-505*

naquele momento, garantir a navegação dos seus navios mercantes e de contestar tal superioridade, percebe-se o favorecimento que a alteração do ato de neutralidade trouxe à Grã-Bretanha. Que outro país beligerante, senão a Grã-Bretanha, reunia condições de manter sua frota mercante navegando com razoável segurança durante a travessia do Atlântico Norte?

### A Guerra Não-Declarada

A introdução da cláusula do “Cash-and-Carry” foi apenas o início do envolvimento americano em favor da Grã-Bretanha.

O processo de convencimento da população americana para abandonar a posição favorável à neutralidade; a aproximação do seu presidente ao Primeiro-Ministro britânico, Sir Winston Churchill; o fornecimento de suprimentos de guerra para a Grã-Bretanha; as atividades de proteção aos comboios que se dirigiam para a Europa com suprimentos para os britânicos e, até mesmo, a cessão de cinquenta contratorpedeiros (CT) para a Marinha britânica (setembro de 1940) fez com que esse período precedente à Declaração de Guerra fosse chamado de Guerra Não-Declarada (1:183).

Após a cessão dos CT para a Marinha britânica, as relações entre Roosevelt e Churchill se intensificaram. Influenciado por Churchill, Roosevelt decidiu adquirir poderes legais que o capacitassem a atender as necessidades britânicas.

Para isso, Roosevelt engajou-se em um processo de convencimento da opinião pública da ameaça aos EUA, caso a Grã-Bretanha fosse vencida pela Alemanha.



Por fim, em 11 de março de 1941, o Congresso americano aprovou o “Lend Lease Act”, que permitia aos EUA fornecer assistência ilimitada e gratuita à Grã-Bretanha, sob a forma de navios e materiais de guerra.

### A postura dos Estados Unidos da América

Antes da Declaração de Guerra entre Alemanha e EUA, o Atlântico Norte era palco de atividades que prenunciavam um conflito marítimo de grandes proporções. Mesmo com declarada neutralidade, os EUA tomaram atitudes que contribuíram para a formação de um clima inamistoso com a Alemanha.

Essas atitudes tiveram início em setembro de 1939, com a declaração de uma zona de segurança que avançava centenas de milhas no Oceano Atlântico. Dentro dessa

zona, os navios mercantes alemães tinham suas posições informadas aos britânicos.

Com o passar dos meses, a interação entre as Marinhas britânica e americana foi intensificada. A ida de uma comissão naval americana à Grã-Bretanha em julho de 1940, para manter conversações com o Almirantado Britânico, fez surgirem planos para a eventualidade da participação dos EUA na guerra. Neste caso, a principal tarefa da Marinha americana no Atlântico seria a proteção aos comboios.

Após as primeiras conversações, seguiram-se outras reuniões militares entre os dois países, desta feita nos EUA<sup>1</sup>. A tarefa da Marinha americana, de proteção ao tráfego marítimo nas rotas do Atlântico, não só foi reafirmada, como também foi assumida, independentemente de não haver uma declaração formal de guerra entre EUA e Alemanha. A única condicionante seria o tempo necessário para que o país se preparasse para exercê-la. Em contrapartida, a Grã-Bretanha colocaria as suas bases navais à disposição dos EUA para qualquer tipo de necessidade.

Ao assumir o comando da recém-formada Esquadra do Atlântico, o Almirante King expandiu a já declarada zona de segurança até o meridiano 26° W (2300 MN da costa americana e 740 MN de Lisboa), consolidando a posição americana de manter controle sobre, praticamente, 4/5 do Atlântico Norte.

O ponto culminante da conduta estratégica americana no período pré-conflito foi a instalação de tropas



americanas e a construção de bases navais e aéreas na Islândia para a “defesa” deste país. Com isso, ficava garantida a proteção aos navios britânicos que transitavam por aquela área do Atlântico Norte.

Com base no acima exposto, fica patente a “neutralidade tendenciosa” que acompanhou as atitudes americanas no período pré-conflito.

### A Postura da Alemanha

A Alemanha sempre interpretou as atitudes americanas tomadas durante o período que antecedeu ao conflito como violações ao Direito Internacional.

A despeito do ponto de vista alemão, em setembro de 1939, a orientação emanada de Hitler em relação aos EUA determinava que fosse evitado qualquer incidente que envolvesse unidades ou cidadãos americanos. Sua intenção, apesar do apoio explícito americano à Grã-Bretanha, era evitar a entrada dos EUA na guerra ao lado dos britânicos, como na I GM.

Foram estabelecidos procedimentos especiais<sup>2</sup> para os submarinos, há muito engajados na Batalha do Atlântico<sup>3</sup>, de modo a evitar qualquer tipo de confronto entre unidades dos dois países. Mesmo com a presença de navios de guerra americanos, rompendo o bloqueio declarado à Grã-Bretanha pela Alemanha, não estava autorizado qualquer ataque àquelas unidades.

Posteriormente, foi autorizado aos submarinos que atuassem em autodefesa, mesmo assim, após sofrer perseguição e, somente, contra as forças que iniciaram o ataque.

Tal postura cerceava a atuação dos submarinos engajados na tarefa de ataque aos comboios, uma vez que proibia qualquer iniciativa contra os escoltas dos comboios, mesmo em tentativa de penetração da cobertura.

Conforme exposto acima, observa-se a situação indefinida em que se encontrava a Alemanha, em relação aos EUA. Não seria difícil concluir que esse cenário não se sustentaria por muito tempo. Logo a guerra chegaria ao continente americano.

### Primeiros incidentes e a declaração de guerra

Com o aumento da presença de navios de guerra americanos na área declarada de bloqueio ao redor das Ilhas Britânicas, e com a dificuldade inerente aos submarinos para identificação de alvos, era esperado que os incidentes comesçassem a acontecer.

Em 20 de junho de 1941, o submarino alemão U-203, encontrou o encouraçado americano “USS Texas” dentro da área do bloqueio e o atacou sem sucesso. No dia 4 de

setembro do mesmo ano, o U-652 foi perseguido e atacado pelo Contratorpedeiro “USS Greer”.

A situação permaneceu indefinida, com a ocorrência de diversos incidentes, até 11 de dezembro daquele ano, quando a Alemanha declarou, formalmente, guerra aos EUA.

### Operações nas águas americanas

Com a declaração de guerra, caíram todas as restrições impostas aos submarinos alemães com relação a navios americanos. O despreparo das unidades de superfície americanas na guerra anti-submarino era o maior argumento para efetuar ataques ao tráfego marítimo no litoral dos EUA o mais cedo possível.

Porém, apenas cinco submarinos foram enviados, ao final de dezembro, como um primeiro grupo de ataque.

Na segunda quinzena de janeiro, um segundo grupo foi enviado para uma área mais ao sul (Aruba – Curaçao – Trinidad), complementando o início da operação.

O primeiro ataque da Operação “Drumbeat”<sup>4</sup> obteve completo sucesso, confirmando as previsões alemães sobre o despreparo das tripulações dos navios e aeronaves americanas. Foram afundados cerca de 20 navios, totalizando quase 140.000 toneladas. De acordo com estatísticas britânicas, em janeiro de 1942, foram perdidos 62 navios, a maioria deles no teatro americano.

Tal como o primeiro grupo enviado às águas americanas, o segundo grupo enviado ao Caribe, apesar das providências tomadas pelos navios em relação aos submarinos alemães, também atingiu resultados extremamente satisfa-

tórios. Com total liberdade de ação, os ataques chegaram até a costa da Guiana.

### A Guerra chega ao Brasil

Com o fortalecimento das medidas anti-submarino nas costas americanas e no Caribe, os alemães foram estendendo suas operações para o

sul. Esta conduta alemã era justificada, na medida em que as áreas por explorar se mostravam vantajosas na relação entre sucessos obtidos e economia de meios. Além disso, as ações dos submarinos em águas distantes forçariam os aliados a distribuírem seus meios por uma área maior para combatê-los.

Apesar da sua declarada neutralidade em relação ao conflito que tinha lugar na Europa e Atlântico Norte, alguns fatos anteriores à própria guerra, e outros ocorridos durante seu desenrolar, explicam como o Brasil foi compelido a abraçar a causa aliada, lutando contra as potências do Eixo.



*U-805 – o primeiro submarino alemão a se render em New England, chega ao porto de Portsmouth.*



*Submarino U-118 afunda após ser atacado por aeronave - Junho de 1943*

Antes da guerra, o país vivia o estabelecimento do Estado Novo, por Getúlio Vargas. A corrida armamentista da década de 30 e o Ato de Neutralidade implementado pelos EUA forçaram o Brasil a adquirir material bélico de nações européias, incluindo Alemanha e Itália. O sistema brasileiro de transporte aéreo estava sob o controle de linhas aéreas francesas, italianas e, principalmente, alemãs.

Por outro lado, as atividades da organização anticomunista - Ação Integralista Brasileira (AIB) - em muito se assemelhava com as de algumas tropas políticas nazistas. Em função da existência da AIB, o então Embaixador alemão no Brasil, Sr. Ritter, tentou obter simpatia à causa nazista, apoiando os integralistas e criando organizações nazistas no sul do país, onde a comunidade germânica era numerosa. Tal atitude levou o Governo Brasileiro a declará-lo "persona non grata" em outubro de 1938.

Com o início das hostilidades na Europa, o Brasil, empenhado em manter sua neutralidade, apoiou a proposta americana de criação da Zona de Segurança Pan-Americana<sup>5</sup>, durante a Conferência Pan-

Americana do Panamá, em 3 de outubro de 1939.

Contudo, de pouco ou nada valeu o estabelecimento desta Zona de Segurança. Os primeiros a não observá-la foram os britânicos que, com seus navios, tentaram interceptar 17 navios mercantes alemães que estavam em portos brasileiros quando do rompimento da guerra na Europa. Muitas vezes, a tentativa de interceptação se dava tão próxima que acontecia em águas territoriais de Estados da América Latina.

A posição geográfica do nordeste brasileiro também se mostrava estratégica, se considerada a possibilidade do porto africano de Dacar cair em mãos alemãs<sup>6</sup>. Daí, a preocupação americana em consolidar sua presença no lado ocidental do "Estreito do Atlântico"<sup>7</sup>.

A estratégia da "Defesa do Hemisfério Ocidental"<sup>8</sup> levou os norte-americanos a oferecerem algumas vantagens ao Brasil, dentre as quais a substituição das companhias aéreas que operavam no país (francesas, italianas e alemãs) pela "Pan American Airways" (PAA), o fornecimento de equipamentos militares e a construção de





*O fim do U-507, atacado por aviões norte-americanos*

aeródromos e da Companhia Siderúrgica Nacional. Com esse grau de envolvimento, o Brasil, definitivamente, assumiu a causa aliada e rompeu relações diplomáticas com as potências do Eixo, em janeiro de 1942.

Nessa época, a principal rota de comércio marítimo para o Brasil levava borracha e café para os EUA e trazia petróleo, carvão e equipamento militar fornecido pelos americanos<sup>9</sup>.

Com as relações entre Brasil e EUA sendo incrementadas e a guerra expandindo-se para o Atlântico Sul, era natural que os primeiros incidentes fatais começassem a ocorrer.

Em fevereiro de 1942, foram afundados os primeiros navios mercantes brasileiros, fazendo com que o Presidente Getúlio Vargas requisitasse aos EUA proteção para os navios que se dirigissem àquele país. Com isso, teve início a instalação de armamento (fornecido pelos americanos) nos navios mercantes brasileiros e o aumento considerável de militares e meios

americanos em operações contra os alemães, partindo de território brasileiro.

O período de crise, compreendido entre fevereiro de 1942 até a declaração formal de guerra contra a Alemanha (31 de agosto de 1942), foi permeado por vários enfrentamentos entre brasileiros e americanos contra os submarinos alemães. A declaração de beligerância veio confirmar

uma situação que já existia de fato. Ao final da guerra, o Brasil contabilizava 32 navios mercantes atacados, com 973 mortos ou desaparecidos.

Assim, após quase três anos de guerra, foi assinado o armistício de um conflito que, para o nosso país, foi a consequência de acontecimentos que tiveram início em regiões longínquas. Com o envolvimento de Estados que, em maior ou menor grau, mantinham relações com o Brasil, a distância geográfica mostrou-se insuficiente para garantir a neutralidade do país.

### Conclusão

De acordo com o desenvolvimento deste trabalho, observou-se que os interesses econômicos dos EUA sobrepuseram-se às posições pacifistas de seu povo e ao Direito Internacional, levando a Alemanha a executar a ofensiva submarina no litoral americano. Ao estender suas operações nessas águas, a Alemanha provocou a expansão das ações aliadas por todo o teatro do Atlântico.

Da mesma forma, constatou-se a impossibilidade do Brasil, dependente de tecnologias externas e possuidor de localização geográfica estratégica, firmar suas posições internacionais, mesmo quando sua prioridade era não envolver-se no conflito. Com a entrada na Guerra, o Brasil obteve vantagens que se traduziram em renovação de equipamentos militares e transferência de tecnologia.

*CF Lessa serve, atualmente, no Comando da Força de Submarinos.*

### Notas

<sup>1</sup> Ocorridas em janeiro e fevereiro de 1941, nas quais foi estabelecido que os principais Teatros da Guerra seriam a Europa e o Oceano Atlântico.

<sup>2</sup> Hoje seriam chamadas de REGRAS DE COMPORTAMENTO OPERATIVO (REC).

<sup>3</sup> Confronto entre os submarinos alemães e os comboios do Atlântico Norte que abasteciam a GB.

<sup>4</sup> Nome da operação dos submarinos alemães nas águas americanas.

<sup>5</sup> Área do Atlântico, na qual as ações de guerra pelos beligerantes deveriam ser evitadas. Tinha largura de 600 MN e envolvia todo o continente americano.

<sup>6</sup> Como os britânicos e os franceses livres falharam no ataque a Dacar em setembro de 1940, esta possibilidade não era desconsiderada.

<sup>7</sup> Menor distância entre o continente sul-americano (Natal-RN) e a África (Dacar-Senegal).

<sup>8</sup> Estratégia americana que visava impedir o estabelecimento de qualquer "cabeça de ponte" das potências do Eixo no continente americano.

<sup>9</sup> Esse comércio era fruto da assinatura de um Acordo de Arrendamento entre EUA e Brasil.

**MARINHA DO BRASIL**

**COMANDO DA FORÇA DE SUBMARINOS**

**ERRATA PARA REVISTA O Periscópio Nº 59. ANO 2005.**

Nesta edição, na página nº 63, que foi destinada ao nosso patrocinador BRASILCRED, no item que trata de **Solicitação de Serviços: Call Center 24 Horas**, Onde se Lê: (21) 2233-8602, Leia-se **08007072011**.

---

# Comando da Força de Submarino



*“Usque Ad Sub Aquam Nauta Sum”*

