

DEVEMOS TEMER OS SUBMARINOS NUCLEARES DO TERCEIRO MUNDO?*

LEONAM DOS SANTOS GUIMARÃES
Capitão-de-Fragata (EN)

RESUMO

Aquisição de submarinos de ataque de propulsão nuclear (SSN) por Marinhas de países assinantes do Tratado de Não-Proliferação Nuclear e os Não Dotados de Armas Nucleares (NPT-NNWS), de acordo com este trabalho, não implica em riscos de proliferação de armamento nuclear mais altos do que aqueles relacionados a reatores de pesquisa e de potência estacionários. Deve-se então reconhecer que as severas restrições sobre obtenção de materiais e equipamentos, assim como pressões políticas sobre governos, exercidas até o presente de forma eficaz pelos NPT-NWS contra o desenvolvimento autônomo, pelos países NPT-NNWS, de SSN e instalações de ciclo de combustível associadas, estão fundamentadas em objetivos estratégicos de ordem geopolítica e militar. Esta prática está longe de relacionar-se exclusivamente com o espírito de NPT: de fato, é uma questão de liberdade nos mares e não de proliferação nuclear.

INTRODUÇÃO

A potencial relação de causa-efeito entre o desenvolvimento de SSN¹ e a produ-

ção de armas nucleares por países *de jure* NPT²-NNWS³ é um assunto muito pouco discutido em fontes ostensivas. O problema geral pode ser expresso como segue:

* N. R.: Este artigo foi classificado em segundo lugar no Concurso Internacional de Artigos sobre Marinhas e publicado na revista norte-americana *Proceedings*, páginas 52 a 55 (ver página seguinte a esta).

Dado seu custo, potencial impacto ambiental e possível conexão com a proliferação de armas nucleares, os SSNs seriam o meio naval mais adequado para enfrentar ameaças realistas à segurança nacional de um dado país NNWS?

Quando expresso desta forma, o debate sobre a validade da aquisição de SSN torna-se similar à antiga controvérsia sobre o uso da energia nuclear como um componente da matriz energética nacional, tanto para países desenvolvidos como para países em desenvolvimento, particularmente os países NNWS.

A discussão sobre a conexão entre os usos pacíficos da energia nuclear e a proliferação de armas nucleares esteve particularmente ativa durante o governo Carter nos Estados Unidos. Esta preocupação foi originada pela explosão de uma "bomba nuclear pacífica" pela Índia, em 1974, e pela percepção de que a indústria eletrônica se expandiria rapidamente depois da crise do petróleo de 1973.

Embora todos os *de jure* NPT-NWS⁴ tivessem produzido seus próprios materiais explosivos em instalações especialmente dedicadas a este propósito, a lição retirada do teste indiano foi a de que o estabelecimento de um programa eletrônica civil poderia propiciar uma conveniente motivação para a aquisição de materiais fisséis especiais (SFM)⁵ e tecnologias relacionadas que também seriam aplicáveis à produção de armas nucleares.

O urânio altamente enriquecido (HEU)⁶ e o plutônio são o principal foco de atenções⁷. O HEU é produzido a partir do Urânio natural ou do urânio levemente enriquecido (LEU)⁸ e ⁹ através de processos de enriquecimento¹⁰. O plutônio é produzido a partir dos mesmos materiais, mas irradiando-os previamente em reatores nucleares¹¹ e em seguida extraído do material

irradiado através de técnicas de reprocessamento.

A visão então dominante era aquela que considera que a mera posse de estas tecnologias "sensíveis" eleva um país NNWS a uma condição de país NWS *de facto*¹². A possibilidade de que um dispositivo nuclear seja feito rapidamente levaria os adversários prudentes a agirem como se a arma já tivesse sido feita. Para evitar que esta possibilidade se concretize, os acordos do NPT estabeleceram um regime internacional de salvaguardas que é exercido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA)¹³.

Reatores, usinas de enriquecimento, instalações de reprocessamento e outras instalações nucleares localizadas em países NNWS¹⁴ são portanto salvaguardados de forma a impedir a produção ou desvio de materiais fisséis especiais (SFM) de grau militar¹⁵. Porém, o *establishment* de não proliferação nos países NWS frequentemente considera este regime com ceticismo. Não existe plena confiança de que as salvaguardas possam efetivamente identificar tais ações de uma maneira oportuna, isto é, antes do seu uso efetivo em armas nucleares¹⁶. Note-se que a base do sistema de salvaguardas é o "tempo para produção", isto é, as medidas de controle devem ser tão rígidas quanto este tempo é suposto pequeno. Não obstante, de um ponto de vista técnico, a obtenção de SFM constitui somente um primeiro passo para quem está desejando possuir um dispositivo explosivo¹⁷; e os passos seguintes também ficarão submetidos a outros regimes de salvaguardas internacionais¹⁸.

Hoje, pode-se verificar que os temores sobre a previsão de expansão da indústria eletrônica conduzindo potencialmente a uma proliferação "horizontal" de armas nucleares não foi materializado¹⁹. Tal fato deve-se, principalmente, às dificuldades de

SECOND HONORABLE MENTION, INTERNATIONAL NAVIES ESSAY CONTEST

Should We Fear Third World Nuclear Submarines?

By Commander Leonam dos Santos Guimarães, Brazilian Navy

Several Third World countries are contemplating the development of nuclear attack submarines to augment their diesel-electric fleets—like the Brazilian *Tupi* seen here. Are nuclear submarines a first step toward the acquisition of nuclear weapons—or simply part of a developing country's evolution toward a first-class navy?

The potential cause-effect relationship between nuclear attack submarine development and nuclear weapons production by Non-Proliferation Treaty/non-nuclear-weapons states is a subject that has been scarcely discussed in unclassified sources. The issue can be stated as follows: Given their cost, environmental impact, and possible connection to the proliferation of nuclear weapons, are nuclear attack submarines the most appropriate naval technology for facing realistic threats to the national security of a particular non-nuclear weapons state? The debate on the wisdom of nuclear attack submarine acquisition is reminiscent of the long-standing controversy over the desirability of using nuclear power as an energy source in developing countries—in particular, states without nuclear weapons.

The connection between nuclear power and the spread of nuclear weapons arose after India's first nuclear-weapon test in 1974, and from the perception that the use of nuclear power would expand rapidly after the 1973 oil crisis. The conventional wisdom was that the establishment of a civilian nuclear power program could provide a convenient rationale for the acquisition of special fissile material and related technologies for nuclear weapons production. To avoid this possibility, an international safeguard regime was established by Non-Proliferation Treaty agreements and enforced by the International Atomic Energy Agency (IAEA).



aceitação pública com respeito aos problemas de segurança dos reatores, ao crescimento econômico mundial ter sido de fato mais lento do que era previsto e aos elevados custos da infra-estrutura exigida para a construção de centrais nucleares. A indústria eletrônica pouco difundiu-se além dos países onde já se encontrava implantada nos anos 70²⁰.

O foco das preocupações sobre a proliferação tem residido nos esforços de alguns países²¹ em desenvolver capacitação para produção de armamento nuclear por meio de instalações não salvaguardadas especialmente dedicadas a este propósito²². Enquanto isso, o *establishment* da indústria eletrônica e seus críticos têm se dedicado aos problemas levantados pelos acidentes de Three Miles Island e Chernobyl²³, assim como às perspectivas otimistas²⁴ oferecidas pela tomada de consciência internacional sobre a gravidade dos impactos do potencial aquecimento global (efeito estufa).

Enquanto isso, os supostos (ou publicamente assumidos) planos de certos países NNWS²⁵ para obtenção de SSNs adicionaram uma nova componente ao debate sobre a proliferação nuclear. Historicamente, o desenvolvimento de reatores nucleares para propulsão naval em países NWS precedeu o seu uso como fontes de energia para aplicações civis. Por exemplo, o PWR comercial é um descendente direto de reatores para submarinos desenvolvidos para a Marinha de Estados Unidos nos anos 50²⁶. Em contraste, propulsão nuclear de

meios navais das Marinhas de países NWS foi desenvolvida após a aquisição de armas nucleares.

UMA APLICAÇÃO PACÍFICA DE ENERGIA NUCLEAR?

Identifica-se uma diferença de abordagem das salvaguardas entre a Agência Internacional de Energia Atômica e o Tratado de Não-Proliferação Nuclear. A primeira considera que a energia nuclear não deverá ser usada para "propósitos militares", não definindo claramente o que estes propósitos compreendem. O segundo impõe que a energia nuclear não deverá ser

usada em explosivos para uso bélico. No passado, esta diferença levou a interpretações ambíguas, entretanto, atualmente estas ambigüidades estão esclarecidas.

De acordo com o estatuto da IAEA²⁷, a agência assegurar-se-á que toda e qualquer atividade nuclear realizada sob sua supervisão ou controle não será empregada mais adiante para qualquer propósito militar. Por exemplo,

isto implica que são aplicadas salvaguardas para assegurar que o urânio enriquecido usado em um reator de potência civil não seria empregado em armas nucleares nem aplicações militares não explosivas, tais como a propulsão naval e geração de energia para satélites militares. Este é o princípio básico dos acordos de salvaguardas da IAEA mais antigos²⁸, pelos quais é banido o uso de instalações e materiais salvaguardados para qualquer "propósito militar" adicional.

Os acordos de salvaguardas atuais da IAEA incorporam o princípio do NPT, incluindo condições para a retirada de materiais das salvaguardas gerais para serem usados em "atividades militares não proscritas", tais como propulsão de SSN

Não obstante, os acordos do NPT²⁹ proíbem o desvio de material nuclear de “atividades pacíficas” para “armas ou outros dispositivos explosivos”, não incluindo aí nenhuma proibição contra as “aplicações militares não explosivas.” O NPT considera a possibilidade de um país retirar quantidades específicas de materiais nucleares das salvaguardas gerais enquanto estão sendo utilizados em “atividades militares não proscritas”, tais como propulsão nuclear naval.

Esta possibilidade foi incluída no NPT de forma a garantir o pleno acesso por todos os NNWS à tecnologia nuclear para fins pacíficos, pois estes países não estavam dispostos a abdicar previamente de quaisquer aplicações da energia nuclear que não fossem armas e dispositivos explosivos nucleares.

Com o objetivo de harmonizar estas abordagens originalmente diferentes, os acordos de salvaguardas atuais da IAEA³⁰ incorporam o princípio do NPT, incluindo condições para a retirada de materiais das salvaguardas gerais para serem usados em “atividades militares não proscritas”, tais como propulsão de SSN³¹.

A posição oficial da Secretaria Geral da IAEA, em resposta a consulta formal do representante argentino sobre a presença de SSNs britânicos no Atlântico Sul durante a denominada “Guerra das Malvinas”, é extremamente pertinente para a elucidação deste aspecto. Nessa ocasião, foi diretamente questionado o grau de compatibili-

dade entre o Tratado de Tlatelolco³², os acordos de salvaguardas em vigor e o estatuto de IAEA, quanto à legitimidade de aplicações militares não explosivas de materiais nucleares. O relatório final da junta de governadores da IAEA³³ estabeleceu que as diferenças entre os vários tipos de acordos não implicam nenhuma incompatibilidade³⁴. Pode-se então concluir que a propulsão de SSN não é incompatível com um programa nuclear dirigido a fins pacíficos, como o brasileiro.

UMA “MANOBRA DE DIVERSÃO” PARA A OBTENÇÃO DE ARMAS NUCLEARES?

Poder-se-ia supor que todas as capacidades tecnológicas a serem adquiridas por um país NNWS do terceiro mundo que desenvolvesse um SSN facilitariam uma aquisição adicional de armas nucleares. Tal tipo de suposição seria, entretanto, muito tendenciosa, já que tais capacidades também facilitariam o crescimento social e econômico de um tal

país. Obviamente, os potenciais efeitos de *spin-off* (arraste tecnológico) gerados por um programa de propulsão nuclear vão muito além das aplicações exclusivamente voltadas para armas nucleares.

Não há nenhuma dúvida que qualquer desenvolvimento de aplicações da fissão nuclear aumenta a capacidade potencial de um país para produzir artefatos. Fazê-lo, porém, é uma decisão política. Se um país tem toda a infra-estrutura requerida

**Não há nenhuma dúvida
que qualquer
desenvolvimento de
aplicações da fissão
nuclear aumenta a
capacidade potencial de um
país para produzir
artefatos. Fazê-lo, porém, é
uma decisão política**

mas nenhuma vontade política, a produção de uma arma nuclear é claramente descartada. A intenção política é o que realmente conta, e não exclusivamente a capacidade técnica.

Um exemplo de forte vontade política contra uma tal decisão foi dado pelo Brasil, cuja Constituição Federal proíbe, de forma inequívoca, o desenvolvimento de armas nucleares em seu território nacional.³⁵

Um país NPT-NNWS que desejasse obter urânio enriquecido para combustível de reatores de submarinos poderia produzir os materiais localmente em instalações salvaguardadas e posteriormente invocar cláusulas de isenção para retirada de uma determinada quantidade deste material para atividades militares não prosritas, tal como a propulsão naval, sem desrespeitar os acordos de salvaguardas. Pela mesmo raciocínio, poderia até mesmo comprar legalmente de um NPT-NWS ou NPT-NNWS³⁶ o material requerido. Baseando-se exclusivamente neste fato isolado, poderia ser suposto que algum material nuclear em um NPT-NNWS ficaria fora das salvaguardas da IAEA, mas esta conclusão não estaria correta.

Um país NPT-NNWS que possui instalações de enriquecimento de urânio e fabricação de combustível para abastecer submarinos nucleares não pode reivindicar que tais plantas não fossem sujeitas a salvaguardas da IAEA, alegando que elas seriam dedicadas a um uso militar não explosivo. Tal interpretação violaria o espírito do NPT, pois não haveria meios de verificar se estas instalações, ostensivamente usadas para uma atividade militar não prosrita, não estariam sendo indevidamente

usadas para produzir materiais para armas nucleares. Só é permitido a um país NPT-NNWS retirar o material estritamente necessário para operação de SSN. Suas instalações do ciclo de combustível e os materiais remanescentes permanecem sob salvaguardas. O material retirado será então submetido a ações de salvaguarda especiais, definidas por acordos multilaterais entre IAEA e as demais partes interessadas. Por meios diferentes dos usuais, a continuidade da implementação de salvaguardas deverá ser assegurada.

Este, por exemplo, é o caminho seguido por Brasil e Argentina. Em 1991, estes países assinaram o tratado denominado de "Bipartite" para salvaguardar suas instalações nucleares desenvolvidas de forma

autóctone e criaram um organismo binacional independente para controle de inventário dos respectivos materiais nucleares³⁷. A AIEA foi então convidada a participar ativamente neste regime de salvaguardas particular,

e o tratado denominado "Quadripartite"³⁸ foi assinado no mesmo ano, estando atualmente em plena execução³⁹. Este tratado define providências específicas para o uso de materiais produzidos por instalações salvaguardadas em propulsão nuclear⁴⁰. Neste caso, "procedimentos especiais" asseguram a implementação de salvaguardas que não comprometam informações tecnológicas e militares classificadas sobre o projeto e operação do SSN.

A proliferação de armas nucleares é então um assunto eminentemente político e não técnico. Os países NWS de fato e de direito obtiveram materiais fisséis especiais por programas especificamente dirigi-

A proliferação de armas nucleares é então um assunto eminentemente político e não técnico

dos àquele propósito. Por conseguinte, eles seguiram a rota mais curta e mais econômica para atingir o objetivo perseguido, que não é uma rota de "diversão" passando por um SSN.

Pode-se assim concluir que não seria razoavelmente crível que um país que buscasse obter um explosivo nuclear escolheria uma rota indireta, mais longa e cara, como seria o desenvolvimento de um SSN.

UM CICLO DE COMBUSTÍVEL "PROLIFERANTE"?

Mesmo não sendo proscriita pelo NPT, a propulsão naval é uma aplicação militar da tecnologia de reatores. Com respeito às implicações de proliferação nuclear, este fato poderia conduzir a concluir que há uma grande diferença entre os ciclos de combustível de SSNs e de reatores estacionários – de potência ou pesquisa. Salvar das internacionais ou multilaterais poderiam ser vistas como tendo mais dificuldades para evitar a diversão de materiais nucleares de um ciclo de combustível de SSN. Tecnicamente, este não é o caso.

Embora a maioria dos reatores de potência civis usem combustível LEU, o urânio natural também pode ser usado, como nos reatores de CANDU canadenses.⁴¹ Todavia, devido a restrições de peso e volume em um submarino e o requisito operacional de reabastecimento infrequente, os reatores de submarinos usam combustível de urânio em um enriquecimento mais alto do que os reatores estacionários.⁴² Com efeito, diz-se que os reatores de submarinos dos Estados Unidos usam HEU em "grau de arma".⁴³ Por outro lado, a França desenvolveu uma tecnologia de combustível LEU alternativa para reatores submarinos nos anos 70, e há indicações que a Rússia também pode usar combustível LEU.⁴⁴

Atualmente, os reatores de propulsão naval são do tipo PWR compacto.⁴⁵ O enriquecimento do combustível não é, necessariamente, em "grau de arma", nem este tipo de reator é adequado para produção de plutônio. Então, do ponto de vista da proliferação, um reator para propulsão é exatamente igual a uma nova variedade das muitas existentes de reatores de pesquisa e de potência⁴⁶ que estão operando em todo mundo, sem que se alegue que eles possam representar uma possível violação do *status quo*. Adicionalmente, por um país buscando capacitação em armas nucleares, o uso de plutônio obtido por reprocessamento de combustível LEU ou natural após curtos períodos de irradiação em um reator de "pesquisa" estacionário, facilmente recarregado, seria muito mais atraente, pois a operação de reprocessamento é muito mais fácil e barata do que a de enriquecimento.⁴⁷

Apesar deste fato, deve ser considerado que as plantas de enriquecimento de urânio podem ser convertidas do baixo enriquecimento ao produto altamente enriquecido, com um grau de dificuldade que depende do tipo de processo de enriquecimento empregado e de se esta conversão pode ser feita sem ser detectada pelos inspetores de salvaguardas. Desta perspectiva, as plantas de centrifugação são particulares "sensíveis" devido a sua flexibilidade operacional e construção modular. A seletividade e a capacidade de separação dos processos de enriquecimento de laser também implicam preocupações particulares, até mesmo em escala de laboratório. Porém, estes riscos de proliferação derivados do ciclo de combustível de SSN, desde que este seja salvaguardado, são tecnicamente equivalentes aos derivados do ciclo do combustível de reatores de potência e de pesquisa, dado que eles são exatamente da mesma natureza.

UMA MOTIVAÇÃO PARA CORRIDAS ARMAMENTISTAS NUCLEARES REGIONAIS?

Considerando seu valor capital para o poder naval, a aquisição de SSN por um país NNWS poderia ser considerada como um fator que induz a uma reação de proliferação de armas nucleares em outros países que se sintam ameaçados por tal mudança no equilíbrio de poder naval regional. Porém, a propulsão nuclear é somente uma parte de um sistema de armas convencional, e esta suposta reação seria totalmente desproporcional, sendo muito mais razoável para os países preocupados em reagir desenvolvendo seus próprios SSNs. Pela mesma razão, poder-se-ia concluir também que uma "corrida armamentista" poderia ser deflagrada pela incorporação de qualquer sistema de armas totalmente não nuclear que alterasse o equilíbrio de forças pré-existente. Além disso, um país que pudesse reagir por uma ação de proliferação precisaria de uma infra-estrutura técnico-científica significativa no campo nuclear, que, por sua vez, também deveria estar sujeitada a acordos internacionais ou multilaterais de salvaguardas.

Há um consenso difundido entre os estrategistas que a guerra naval do futuro estará fortemente fundamentada no submarino — particularmente o SSN — e não em navios de superfície. Esta visão é confirmada pelo desenvolvimento contínuo de cada vez mais sofisticados SSNs pelos países NWS. Este fato dá um forte incentivo à aquisição de SSN por países NNWS do Terceiro Mundo militarmente significativos, e até mesmo no seio de países NNWS que fazem parte da aliança ocidental.

A relevância estratégica e tática do SSN para o poder naval é discutida extensivamente em muitos outros trabalhos. Neste, só será ressaltado o fato de que os cenári-

os políticos e militares associados ao exemplo de emprego da força naval de países NWS recentes seriam dramaticamente alterados se as forças navais dos países NNWS oponentes fossem dotadas de SSNs.

Quanto à possibilidade dos SSNs servirem como um substituto dissuasório para as armas nucleares, deve-se considerar que eles podem promover a estabilidade internacional: "melhor um submarino nuclear no fundo do mar do que uma bomba no porão." Por outro lado, sua aquisição poderia incitar corridas armamentistas navais entre rivais regionais sem ganho líquido para a segurança nacional ou internacional. Um país NWS, entretanto, não pode tentar minimizar esta tendência por uma postura de "recomendar água bebendo vinho." Ao invés disso, eles deveriam seguir seu próprio exemplo de postura adotada no caso da redução da proliferação "vertical" de armas nucleares, diminuindo seu número de SSNs operativos.

CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho, o autor tentou demonstrar a legitimidade, com respeito ao regime internacional de não-proliferação nuclear, das aspirações dos países NNWS por SSNs. Não se discute aqui se a tecnologia de SSN é realmente apropriada para uma Marinha de país NNWS em particular enfrentar ameaças realistas para segurança nacional, pois tal assunto extrapola a sua competência.

A idéia que se desejou promover é a de que pode ser possível obter um acordo entre um país NNWS que pretende adquirir SSNs e a comunidade internacional sobre a minimização dos riscos de proliferação. Estas possibilidades incluem a promoção de ciclos de combustível LEU sem reprocessamento como uma norma inter-

nacional e o desenvolvimento de acordos de salvaguardas específicos que propiciem uma garantia razoável de que os materiais para o combustível dos SSNs não sejam desviados. Neste contexto, acordos de salvaguardas multilaterais regionais entre a IAEA e os países aspirantes à posse de SSN que estão desenvolvendo sua própria tecnologia poderiam aumentar significativamente a credibilidade nos compromissos unilaterais ou aqueles associados ao NPT.

Enquanto isso, em que pese o fato de que os riscos potenciais de proliferação relacionados com a obtenção de SSN não podem ser descartados, eles não devem ser artificialmente exagerados. Como já ressaltado, a atual ênfase em não-proliferação foi em grande parte baseada na expectativa que a energia nuclear se disseminaria rapidamente após a crise do petróleo de 1973. Esta previsão não se concretizou. Por razões semelhantes, tais como os altos custos de pesquisa, desenvolvimento, construção e manutenção, riscos tecnológicos e restrições internacionais a fornecimentos, o número de países NNWS que vierem a obter SSNs também permanecerá pequeno, pelo menos a curto e médio prazos⁴⁹. Por conseguinte, há tempo suficiente para desenvolver uma política internacionalmente reconhecida para aquisição de SSN por países NPT-NNWS.

O surgimento de uma classe nova de países NSS⁵⁰ tenderia a reduzir distinções psicológicas e militares entre países NWS e NNWS criadas pelo NPT. Como no caso da proliferação de armas nucleares, o grau de oposição a tal desenvolvimento, por parte de um país NWS particular, depende da identidade do NSS. Em particular, os *establishments* militar e de não-proliferação dos Estados Unidos se opõem fortemente a qualquer novo NSS. O primeiro porque isto poderia limitar a total liberdade de ação da *US Navy* hoje existente, e o segundo devido à percepção amplificada dos potenciais riscos de proliferação. Por outro lado, o Reino Unido e a França encorajaram as aspirações do Canadá por uma classe de SSN, mas presumivelmente se oporiam a um desenvolvimento similar na América Latina⁵¹. Além disso, a Rússia arrendou um SSN para a Índia e provavelmente também fornece apoio técnico ao seu programa de propulsão nuclear, apesar de oposição forte dos Estados Unidos. Finalmente, a China presumivelmente imporia extrema oposição a uma aquisição eventual de SSN por um país do Leste ou Sudeste asiático, mas não para outros.

Concluindo, o grau de oposição – ou aceitação – a um novo NSS pelos NWS não está, evidentemente, relacionado à proliferação, mas sim governado pelos seus legítimos interesses nacionais individuais.

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<FORÇAS ARMADAS> / Submarinos nucleares /; Política; Prêmio;

NOTAS DO AUTOR

- 1 SSN – Submarino nuclear de ataque.
- 2 NPT – Tratado de Não-Proliferação Nuclear.
- 3 NNWS – Países não dotados de armas nucleares, de acordo com o NPT.
- 4 NWS – Países dotados de armas nucleares: Estados Unidos, Reino Unido, França, Rússia e China.
- 5 SFM – Materiais físséis especiais: isótopos ímpares de urânio e plutônio, sendo atualmente discutida a inclusão de isótopos de amerício.
- 6 HEU – Urânio altamente enriquecido, com teor em massa de U-235 maior que 20%.
- 7 Particularmente seu isótopo 239.
- 8 LEU – Urânio levemente enriquecido, com teor em massa de U-235 menor ou igual a 20%.
- 9 Baixo urânio de enriquecimento, com U-235 conteúdo de massa até 20%.
- 10 Mesmo existindo outros processos experimentais ou produção em baixa escala, como o velho dispositivo *calutron*, *jet-nozzle*, separação química e a laser, os únicos processos de enriquecimento industriais atuais são a difusão e a centrifugação gasosas, o primeiro sendo considerado como uma tecnologia obsoleta.
- 11 Reatores de grafite-gás, reatores de água pesada e reatores de RBMK são particularmente bem adaptados a este propósito.
- 12 Como são considerados pela comunidade internacional Índia, Paquistão, Israel e África do Sul.
- 13 IAEA – Agência Internacional de Energia Atômica.
- 14 Nos países NNWS, somente instalações auto-declaradas como sendo de propósito pacífico são submetidas a salvaguardas internacionais.
- 15 Materiais que contêm mais que 93% de U-235 conteúdo de massa ou quantias significantes contendo Pu-239.
- 16 Por exemplo, o governo dos Estados Unidos promoveu um programa internacional para substituir combustíveis HEU de reator de pesquisa salvaguardados por combustíveis LEU, de pior desempenho, até mesmo em NNWS que fazem parte da aliança ocidental.
- 17 Produção material deve ser seguida pelo desenvolvimento de sistemas de detonação altamente precisos, materiais refletores, miniaturização de partes que permitam uma montagem portátil por um vetor operacional (projétil, aeronave) e, ainda mais importante, o desenvolvimento deste mesmo vetor. Para mais informação sobre este assunto, veja Morland, H., *The Secret that Exploded*, Random House, Nova Iorque, EUA, 1981, e também Duval, M e le Baut Y., *L'Arme Nucléaire Française: Pourquoi et Comment*, Kronos, Paris, França, 1992.
- 18 Por exemplo, o desenvolvimento de vetores de lançamento é submetido às salvaguardas estabelecidas pelo Missile Technology Control (MTCR).
- 19 Aumentando no número de NWS *de facto*.
- 20 A maior parte dos reatores de potência industriais é composta por Reatores de Água de Leve, pressurizada (PWR) e fervente (BWR); dentre estes, os PWR são aqueles construídos em maior número.
- 21 O Iraque e Coréia do Norte, mais recentemente.
- 22 Sem pleno sucesso, considerando as demonstrações de capacitação do Paquistão em resposta a novas explosões indianas em 1998.
- 23 Acidentes graves: Estados Unidos – reator PWR de Three Miles Island (fusão parcial do núcleo) e ex-URSS – reator RBMK (excursão de reatividade que conduziu a explosão química seguida por incêndio descontrolado do grafite moderador).
- 24 A esperança de muitos defensores da energia nuclear está no desenvolvimento de reatores que têm um alto grau de segurança intrínseca, superior aos reatores atuais. Esta nova geração de reatores conduziria a um “renascimento nuclear”. Para evitar o “efeito estufa”, resultado da queima de combustíveis fósseis, tais reatores poderão ser a solução pela qual muitos países estabelecerão ou reativarão programas nucleares. Veja Beck, P., *Prospects and Strategies for Nuclear Power*, The Royal Institute of International Affairs, Londres, Reino Unido, 1994.

- 25 Por exemplo, o Brasil assumiu publicamente seu programa de propulsão nuclear em meados dos anos 80.
- 26 Veja Duncan, F., *Rickover and the Nuclear Navy*, U.S. Naval Institute Press, Annapolis, EUA, 1990.
- 27 Estatuto de IAEA, Artigo III.
- 28 IAEA INFCIRC/66/Rev. 2, que incluiu em seu escopo itens específicos, isto é, instalações e materiais discriminados.
- 29 Artigo IV do NPT.
- 30 IAEA INFCIRC/153, que incluiu em seu escopo todo material nuclear.
- 31 Idem, Parágrafo 14, "Não aplicação de Salvaguardas em Materiais Nucleares".
- 32 Tratado para a Proibição de Armas Nucleares na América Latina e no Caribe.
- 33 IAEA Report GOV/INF/433.
- 34 Para mais detalhes deste assunto, veja Madero, C.C. e Takacs, E.A., *Política Nuclear Argentina*, Instituto de Publicaciones Navales, Buenos Aires, Argentina, 1991.
- 35 Constituição Brasileira, promulgada em 1988, Art. 21, §XXIII.
- 36 Realmente, este tipo de transferência aconteceu no passado, quando os Estados Unidos venderam urânio enriquecido para a carga inicial de combustível do primeiro protótipo em terra francês de propulsão nuclear (PAT).
- 37 Agência de Brasil-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares – ABACC.
- 38 Brasil-Argentina-ABACC-IAEA.
- 39 Brasil aderiu ao TNP em 1998 e Argentina poucos anos antes.
- 40 Artigo 13, "Procedimentos Especiais".
- 41 Que se encontra na origem da "explosão pacífica" da Índia.
- 42 Para uma abordagem técnica do uso de combustível de LEU/HEU em submarinos nucleares, ver Lanning, D.D. e Ippolito, T., *Some Technical Aspects of the Use of Low-Enriched vs. High-Enriched Uranium Fuel in Submarine Reactors*, in Conference on the Implications of Acquisition of Nuclear Powered Submarines by Non-Nuclear Weapons States Proceedings, MIT, Cambridge, EUA, 1989. Veja também Guimarães, L., *Logística de Produção de Combustível para um Esquadrão de Submarinos Nucleares de Ataque*, in Anais do III Simpósio de Logística da Marinha, Rio de Janeiro, Brasil, 1998, e próxima RMB do 3o trim/2001.
- 43 Algumas referências mencionam o valor de 97.3%.
- 44 "Caramelo" combustível, com menos que 10% de U-235 em conteúdo de massa.
- 45 Mesmo que os Estados Unidos e a ex-URSS tentassem usar reatores rápidos e intermédios resfriados a metal líquido (primeiro *Seawolf*, classe *Alfa*), e as promessas dos reatores a gás, o PWR ainda permanece a melhor solução técnica.
- 46 Até melhor que alguns reatores "suspeitos", bem adaptados para produção de plutônio, como mencionado antes.
- 47 Este seria o caminho escolhido pela Índia, Israel e Coreia do Norte.
- 48 Classes *Seawolf* (E.U.A.), *Severodvinsk* (Rússia), *Barracuda* (França) e *Astute* (Reino Unido).
- 49 O editor de *Combat Fleets of the World*, Mr. A.D. Baker, apresentou em World Navies in Review (USN Proceedings, março de 1999) a visão naval atual: "Embora relatórios continuem informando sobre a iminente construção do "Advanced Technology Vessel - ATV", que seria o primeiro submarino nuclear indiano, parece muito mais provável que o projeto – de maneira muito semelhante ao hoje 'quase-mítico' submarino nuclear brasileiro— esteja condenado, por custo e deficiências de tecnologia, a ser postergado uma ou mais década para o futuro."
- 50 NSS: "Estados com Submarinos Nucleares".
- 51 O Governo canadense chegou a abrir uma licitação para adquirir SSNs nos anos 80, à qual tanto a França (classe *Amethyste*) como o Reino Unido (classe *Trafalgar*) responderam positivamente; este programa, entretanto, foi descontinuado devido a pressões políticas internas e externas, estas últimas vindas em especial dos Estados Unidos.

SUBMARINO-MUSEU RIACHUELO

Foram ao todo vinte anos de operatividade, 1.283 dias de mar, 17.699 horas e 41 minutos de imersão, 181.924 milhas navegadas. Ele, que é carinhosamente conhecido como "RIACHA", carrega o nome da Batalha Naval que tanto orgulho trouxe à Marinha do Brasil. É o segundo de uma série de três navios da Classe Oberon inglesa, trazendo um grande avanço no domínio de emprego e de novas técnicas para os procedimentos operativos, marcando uma nova etapa na história da nossa Força de Submarinos.

Foi construído na Inglaterra em 1973 e lançado ao mar em 6 de setembro de 1975, com seus 90,02 metros de comprimento, tendo sido incorporado à Armada Brasileira em 27 de janeiro de 1977.

Em 12 de novembro de 1997, realizou-se a Mostra de Desarmamento do Submarino, sendo o navio entregue ao Serviço de Documentação da Marinha e reclassificado como submarino-museu.

No Submarino-Museu RIACHUELO, atracado ao cais do Espaço Cultural da Marinha, o visitante terá uma noção da vida a bordo ao percorrer seus compartimentos e conhecer seu armamento, suas máquinas e equipamentos diversos.

O Espaço Cultural da Marinha fica localizado à Av. Alfred Agache, ao lado da Estação das Barcas na Praça XV. Aberto de terça-feira a domingo das 12h às 16h45min.