



# BRASIL NUCLEAR

Informativo da Associação Brasileira  
de Energia Nuclear

Ano 25 • Número 49 • Dezembro 2018

## PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

A energia nuclear no radar  
do desenvolvimento  
tecnológico brasileiro





LUJME

# Preparados para o futuro e com energia para grandes conquistas

**A Eletrobras Eletronuclear está de olho no futuro, fornecendo energia para o desenvolvimento econômico e tecnológico do país.**

Um trabalho conjunto de centenas de profissionais que se esforçam cada vez mais para assegurar todos os benefícios que a energia nuclear pode garantir.

*Siga nesse caminho conosco.  
Esteja pronto para o futuro você também.*

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)



# As vitórias do PNM

Entrevista  
**Almirante de Esquadra  
 Eduardo Bacellar Leal  
 Ferreira, comandante  
 da Marinha** 4

Entrevista  
**Almirante de Esquadra  
 Bento Costa Lima  
 Leite de Albuquerque  
 Junior, diretor-geral  
 de Desenvolvimento  
 Nuclear e Tecnológico  
 da Marinha** 8

Entrevista  
**Contra-almirante  
 Humberto Moraes Ruivo,  
 diretor da Agência  
 Naval de Segurança  
 Nuclear e Qualidade** 12

Tecnologia  
**CTMSP amplia  
 estrutura do Centro  
 Experimental de Aramar** 16

Pesquisa  
**Reator IPEN/MB-01  
 comemora 30 anos** 18

Indústria  
**Amazul cumpre  
 importante papel em  
 prol de programas  
 da Marinha** 20

Indústria  
**Tecnologia de  
 enriquecimento  
 de urânio une  
 INB e Marinha** 22

Indústria  
**A longa parceria entre  
 Marinha e Nuclep** 24

Registro histórico  
**O projeto nuclear  
 de Álvaro Alberto** 26

Registro histórico  
**Como tudo começou** 28

Depoimentos 30

No fechamento desta edição, tomamos conhecimento da indicação do almirante Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior como ministro de Minas e Energia do próximo governo, que toma posse em janeiro de 2019. Hoje à frente da Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), ele é nosso entrevistado nesta edição especial dedicada ao Programa Nuclear da Marinha. Esta é a segunda vez que o titular da DGDNTM está nas páginas da Brasil Nuclear - a primeira foi na edição 47.

Desejamos sucesso ao futuro ministro de Minas Energia, que tem pela frente dois grandes desafios: no setor mineral, a questão do monopólio do urânio; e, no setor de energia, garantir a infraestrutura necessária, e indispensável, para que o Brasil volte a crescer. Para suportar a retomada do crescimento econômico, o País necessita de uma infraestrutura energética robusta e confiável. E isso só é possível em um modelo que contemple todas as fontes: hidráulica, solar, eólica e nuclear.

O setor nuclear está pronto para participar desse empreendimento. Dos programas de desenvolvimento tecnológicos criados no País, o Programa Nuclear Brasileiro é o único que se manteve nas últimas décadas. Temos uma estrutura montada: tecnologia, instituições de pesquisa, cursos de graduação e pós-graduação em energia nuclear, uma grande área de aplicações, geração de energia, o Programa Nuclear da Marinha. Basta apenas que o governo assuma o desenvolvimento da tecnologia nuclear como um programa de Estado. Por muito pouco, conseguiremos atingir o topo do desenvolvimento nuclear no mundo.

Apesar dos fortes entraves políticos e econômicos que retardaram o desenvolvimento de importantes projetos, o desenvolvimento tecnológico no setor nuclear avançou. E esse avanço deve-se, em grande parte, ao Programa Nuclear da Marinha. Com ele, o País conquistou a autonomia no enriquecimento de urânio, uma tecnologia estratégica e dominada por poucos países no mundo. Da mesma forma, como garante o almirante Bento Costa Lima Albuquerque Junior, em sua entrevista na página 8, estamos a poucos passos de ingressar no seletivo grupo de países que dominam a tecnologia de propulsão nuclear de submarinos.

O atual Comandante da Marinha, almirante Eduardo Bacellar Leal Ferreira (que será substituído no próximo governo pelo almirante Ilques Barbosa Júnior), garante que a capacitação adquirida com a construção do SN-BR vai muito além do setor militar. Em entrevista na página 4, ele afirma que a tecnologia decorrente do projeto pode beneficiar a geração de energia elétrica, o desenvolvimento de novos materiais, a produção de radioisótopos e a irradiação de alimentos para conservação. Na verdade, alguns desses benefícios já estão disponíveis, como acontece com o combustível nuclear utilizado pelas usinas nucleares Angra 1 e Angra 2, fornecido pela INB. Uma porcentagem do urânio utilizado nesse combustível tem sido enriquecido nas cascatas das ultracentrífugas criadas pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), instaladas na Fábrica de Combustível Nuclear da INB, em Resende (RJ).

Esta edição especial dedicada ao PNM também traz uma entrevista com o diretor da nova Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), contra-almirante Humberto Moraes Ruivo. Ele revela que o reator do submarino nuclear brasileiro será o único no mundo a passar por duplo licenciamento: seu protótipo, pela Cnen; e a versão a ser embarcada, pela AgNSNQ.

Registramos, ainda, a grande vitória do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), co-protagonista dos projetos do Programa: os 30 anos do reator IPEN/MB-01, que também recebeu o novo núcleo com elementos combustíveis do tipo placa, idênticos ao que serão utilizados no Reator Multipropósito Brasileiro (RMB).

E, por fim, alguns dos participantes do Programa lembram desafios, vitórias e lições aprendidas naquele período, que, para muitos, foi o de maior realização profissional e pessoal.

Boa leitura

Presidente da Aben Olga Simbalista	Editora Vera Dantas	Brasil Nuclear é uma publicação da Associação Brasileira de Energia Nuclear - Aben Rua Candelária, 65 • 14º andar • Centro Rio de Janeiro • RJ • CEP: 20091-906 Tel: (55 21) 2266 0480 • 2588 7000 Ramal 4721 aben@aben.com.br www.aben.com.br
Conselho Editorial Edson Kuramoto - Aben Francisco Rondinelli - Cnen Guilherme Camargo - Eletronuclear Cláudia Regina Souza Esteves dos Santos - INB Márcia Flores - Aben Koishi Noriyuk - CTMSP Rogério Arcuri - Eletronuclear	Colaborador Bernardo Barata	
	Produção Editorial Inventhar Comunicação	
	Edição de Arte IG+ Comunicação Integrada	
	Impressão Gol Gráfica	

# A capacitação adquirida com o SN-BR será uma vitória que vai além do setor militar

Almirante de Esquadra Eduardo Bacellar Leal Ferreira

Para o comandante da Marinha, almirante de esquadra Eduardo Bacellar Leal Ferreira, o emprego da tecnologia dual decorrente do projeto pode beneficiar a geração de energia elétrica, o desenvolvimento de novos materiais, a produção de radioisótopos para a medicina e a irradiação de alimentos para conservação. Ele admite que uma grande parte da sociedade brasileira ainda não foi adequadamente informada e não tomou consciência da relevância da conquista nuclear obtida nessas três décadas. “Mas temos procurado expandir essa consciência a todos os segmentos da sociedade, com mais urgência aos participantes das estruturas de governo”, afirmou em entrevista a Vera Dantas, da *Brasil Nuclear*.

## Quais são os Programas Estratégicos da Marinha brasileira?

A Marinha do Brasil desenvolve os seguintes programas estratégicos, com o objetivo de renovar e fortalecer os meios necessários ao cumprimento de sua missão e, complementarmente, fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do País e a capacitação da indústria nacional: Programa Nuclear na Marinha (PNM), Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub), Corvetas Classe Tamandaré (CCT) e Navios Patrulha (ver página 6).

## Quais são os objetivos do Prosub?

O objetivo principal do Prosub é capacitar o Brasil a projetar e construir submarinos convencionais e, especialmente, com propulsão nuclear. O Prosub faz parte de um amplo programa estratégico do Estado brasileiro, tendo seu início em dezembro de 2008, com a assinatura de um acordo entre o Brasil e a França.

A transferência de tecnologia de projeto de submarinos, exceto das partes nucleares, mas incluindo os sistemas de combate e de controle da plataforma, representa aspecto decisivo e crucial, sobretudo pela dificuldade que existe em se encontrar parceiros internacionais dispostos a concretizar tal transferência de conhecimento, o que nos possibilitará projetarmos os nossos próprios submarinos.



A condução do Prosub demonstra a capacidade do Brasil em gerenciar empreendimentos de grande envergadura e elevada complexidade e aproxima o País do nível tecnológico alcançado por outras nações

## O Prosub proporcionará autonomia tecnológica no desenvolvimento e construção de submarinos convencionais e nucleares?

O Prosub já está proporcionando essa autonomia, no desenvolvimento e construção de submarinos convencionais e nucleares. É um processo desafiador, mas já demos passos importantes. Os quatro submarinos convencionais do Programa já estão sendo construídos, por equipes de engenheiros e técnicos que fizeram cursos no exterior e estão

colocando em prática o aprendizado transferido no acordo de cooperação com os parceiros franceses.

A adaptação do projeto original dos submarinos Classe Scorpéne, que é a base dos nossos submarinos da classe Riachuelo, já foi feita por nossos profissionais. O Projeto Básico do Álvaro Alberto já foi aprovado pelos parceiros franceses, em janeiro de 2017 e, no momento, está sendo desenvolvido o projeto detalhado do submarino. No final da próxima década, quando o submarino for lançado ao mar, estaremos consolidando esse aprendizado à tecnologia brasileira.

### **O Prosub já sofreu contingenciamentos e cortes orçamentários. Quais foram as alterações realizadas no Programa para adequá-lo à redução de recursos?**

Para enfrentar os contingenciamentos e cortes orçamentários ocorridos desde 2015 no orçamento do Prosub, a Marinha adaptou os cronogramas das obras em Itaguaí (RJ), mantendo a programação das estruturas de uso mais imediato para o lançamento do primeiro submarino, o Riachuelo, e remanejou obras em instalações que serão utilizadas em uma etapa posterior. Podemos citar como exemplos de obras que foram mantidas as do Estaleiro de Construção e a do *ship lift*, elevador de navios que coloca e retira o submarino da água. Em compensação, ajustamos os cronogramas do Estaleiro de Manutenção e da Base Naval.

Mas é bom alertar que, embora esses ajustes permitam a continuidade do programa e minimizem os impactos dos atrasos, eles provocam aumentos de custos do Programa.

### **Qual o investimento previsto e o que foi efetivamente aportado no Programa?**

O investimento previsto é da ordem de R\$ 35.501 milhões, dos quais R\$ 17.404 milhões, aproximadamente, já foram aportados no Programa.

### **Recentemente, foi anunciado um novo corte no orçamento para 2019. Quais serão os impactos sobre o Programa?**

Os programas estratégicos da Marinha, entre os quais o Prosub é o que está em estágio mais avançado, são de longo prazo e envolvem compromissos internacionais, com pagamentos de parcelas que precisam ser cumpridos sob o risco de perdermos a credibilidade junto aos nossos parceiros estratégicos. Restrições orçamentárias, mesmo quando contornadas parcialmente com a reorganização dos cronogramas, provocam ainda atrasos na entrega dos meios, aumento de custos, e prejudicam a otimização de ganhos para as instituições civis, especialmente os parceiros científicos, tecnológicos e industriais.

### **Como o senhor avalia a continuidade do Prosub no futuro governo? Há risco de descontinuidade?**

Não vemos risco de descontinuidade do Programa, a despeito de eventuais ajustes conjunturais que possam ocorrer. O Prosub é um programa de Estado, baseado em um acordo de parceria estratégica entre os governos do Brasil e da França. Os candidatos que disputaram as eleições tinham consciência da importância do Programa, não apenas para a Defesa Nacional, mas também para o desenvolvimento científico, tecnológico e industrial do País. E o Presidente eleito compartilha desse entendimento.

### **Em sua opinião, quais são os principais ganhos do Prosub para o País?**

Além dos benefícios óbvios para a Defesa Nacional, podemos destacar os ganhos relevantes para a sociedade civil, tendo como um dos pilares a participação prio-

ritária da indústria nacional. Essa participação tem dois enfoques: primeiro, a fabricação de itens com tecnologia existente no Brasil, que abrange os equipamentos, os guindastes e as máquinas operatrizes da infraestrutura industrial; e, segundo, a produção de equipamentos e sistemas dos submarinos decorrentes de conhecimento científico sensível, não existente no País, cujo desenvolvimento necessita de transferência ou desenvolvimento próprio de tecnologia. Temos uma estimativa de que, para cada submarino a ser produzido no Brasil, mais de 36 mil itens serão fabricados, por mais de cem empresas brasileiras, incluindo sistemas, equipamentos e componentes, bem como treinamento para o desenvolvimento e integração de *softwares* específicos e suporte técnico para as respectivas empresas durante a fabricação dos itens.

Por sua vez, a capacitação adquirida no processo de construção do SN-BR, incluindo o Prosub e o Programa Nuclear da Marinha, representará uma vitória da tecnologia nacional, que vai além do setor militar. O emprego da tecnologia dual decorrente pode beneficiar a geração de energia elétrica, o desenvolvimento de novos materiais, a produção de radioisótopos para a medicina e a irradiação de alimentos para conservação, entre outros.

### **Com o projeto do submarino de propulsão nuclear, a Marinha contribuiu para que o Brasil se tornasse um dos poucos países do mundo a deter o domínio tecnológico do enriquecimento do urânio. Em sua opinião, há um reconhecimento da dimensão e importância estratégica dessa conquista?**

Uma grande parte da sociedade brasileira ainda não foi adequadamente informada e não tomou consciência da relevância da conquista nuclear obtida pelos cientistas e técnicos brasileiros, capitaneados pela Marinha, nessas três décadas. Mas temos procurado expandir essa consciência a todos os segmentos da sociedade, com mais

urgência aos participantes das estruturas de governo. É fundamental que os gestores conheçam os ganhos que estão sendo levados por esses programas estratégicos a todos os cidadãos, inclusive para os pacientes do Sistema Único de Saúde que dependem de exames sofisticados ou de tratamento contra câncer, por conta do emprego dual dessa tecnologia na produção de radioisótopos para a medicina.

### Como o senhor vê a contribuição da energia nuclear para o equilíbrio da matriz energética brasileira?

A expansão do uso da energia nuclear pode auxiliar a política energética brasileira de duas maneiras principais: no fortalecimento da energia de base, aquela fornecida a qualquer momento que o consumidor exija; e na democratização do acesso, levando energia a comunidades isoladas. A energia de base é fornecida, principalmente, por hidrelétricas e termelétricas, e servem de lastro para as fontes intermitentes, como eólica e solar. Em relação a essas duas fontes, a energia nuclear tem a vantagem de não depender de chuvas, como as hidrelétricas, e de não poluir, como as termelétricas.

No caso das comunidades isoladas, o reator desenvolvido para o submarino nuclear, que será testado no Labgene, pode ser uma solução de atendimento com energia de qualidade em regiões onde há limitação técnica ou econômica para conectá-las ao Sistema Interligado Nacional. Além do mais, a energia nuclear, por ser uma energia limpa, pode ajudar o Brasil a atingir as metas de emissão de carbono firmadas no Acordo de Paris, com combustível e tecnologia de enriquecimento nacionais.

Há uma indissociável ligação entre o Programa Nuclear da Marinha e o Programa de Desenvolvimento de Submarinos

# PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DA MARINHA

## Programa Nuclear na Marinha (PNM)

Iniciado em 1979, o PNM foi desenvolvido em razão da necessidade estratégica do País de possuir submarinos com propulsão nuclear. Concebido para utilizar tecnologia totalmente nacional e independente, o Programa foi dividido em duas vertentes: o domínio do ciclo do combustível nuclear; e o desenvolvimento de uma planta nuclear de propulsão naval. Verifica-se, assim, a indissociável ligação entre o PNM e o Programa de Desenvolvimento de Submarinos, o Prosub, criado em 2008.

O objetivo primeiro do PNM, o domínio do processo de enriquecimento do urânio, foi alcançado em escala laboratorial no ano de 1988. Uma década depois, em 1998, essa tecnologia foi testada com sucesso em escala pré-industrial. O segundo objetivo do PNM é o Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene), um protótipo, em terra, do sistema de propulsão do submarino, com entrega prevista para 2022.

Destacam-se os seguintes benefícios, advindos do PNM: tecnologia para a produção de combustível nuclear destinado à geração de energia elétrica e à propulsão naval; desenvolvimento de um reator do tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR), com potência térmica de 48MW, com capacidade de gerar energia elétrica suficiente para iluminar uma cidade de 20 mil habitantes; e desenvolvimento e manutenção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), que proporcionará autonomia nacional na produção de radioisótopos e radiofármacos, além de aumentar a capacidade em pesquisa de técnicas nucleares.

## Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub)

Concebido em 2008, em parceria estratégica com a França, é um dos programas mais audaciosos e inovadores da Marinha. Ele apresenta os seguintes eixos estruturantes: a transferência de tecnologia (exceto na área nuclear); a nacionalização de equipamentos e sistemas; e a capacitação de pessoal.

Em perfeita sintonia com os preceitos estabelecidos na Estratégia Nacional de Defesa, o Prosub compreende três empreendimentos modulares: a edificação de uma infraestrutura industrial e de apoio para a construção, operação e manutenção de meios navais; a construção de quatro submarinos convencionais; e o projeto e a construção do submarino com propulsão nuclear.

A relevância do Prosub para o País não reside apenas no fato de se dotar o Poder Naval brasileiro com um Submarino com Propulsão Nuclear (SN-BR), o objeto precípua deste Programa, mas também conferirá



nova dimensão às tarefas de “Negação do Uso do Mar” e de “Contribuir para a Dissuasão”, com inegável arrasto tecnológico, geração de conhecimento, emprego e renda.

A condução do Prosub demonstra a capacidade do Brasil em gerenciar empreendimentos de grande envergadura e elevada complexidade e aproxima o País do nível tecnológico alcançado por outras nações, notadamente aquelas que compõe, permanentemente, o Conselho de Segurança da ONU, todas operando Submarinos Nucleares em suas respectivas Marinhas.

O Município de Itaguaí, no RJ, entra para o mapa de infraestruturas industriais nacionais como um dos mais modernos centros de construção naval militar do hemisfério sul, com a implantação do Complexo Naval de Itaguaí (CNI).

O primeiro submarino convencional a ser entregue será o Riachuelo (S-40), em dezembro de 2018; seguido do Humaitá (S-41), em 2020; Tonelero (S-42), em 2021; e Angostura (S-43), em 2022. O submarino com propulsão nuclear, Álvaro Alberto, tem lançamento previsto para 2029.

O Prosub e o PNM estão estreitamente relacionados, na medida em que o submarino de propulsão nuclear brasileiro (SN-BR), principal objetivo do Prosub, terá seu reator nuclear produzido no escopo do PNM, demonstrando a necessidade dos dois programas caminharem em perfeita sintonia ao longo da sua execução.

### Corvetas Classe Tamandaré (CCT)

O Projeto das CCT prevê a construção no País de quatro navios-escolta do tipo Corveta, da Classe Tamandaré, por meio da associação de um parceiro tecnológico estrangeiro (*main contractor*) com um estaleiro nacional. O projeto contribuirá para o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa, por meio da formação de uma capacidade autônoma; do desenvolvimento de uma cadeia logística de reparos e suprimentos independente; da absorção de novas tecnologias, que serão assimiladas pelas demais vertentes da indústria nacional; e da geração de empregos em um espectro grande da atividade humana. O modelo inovador vislumbrado para viabilizar o projeto foi a capitalização da Empresa Gerencial de Projetos Navais (Emgepron), empresa pública não dependente, vinculada ao Ministério da Defesa, por meio do Comando da Marinha.

A Marinha necessita de, pelo menos, 18 navios-escolta para cumprir eficazmente suas tarefas. Mas a Força conta com apenas 11 navios desse tipo, dos quais apenas um estará em operação nos próximos dez anos, dada a idade avançada dos meios. Os escoltas, categoria na qual se incluem as

O reator desenvolvido para o submarino nuclear pode ser uma solução de atendimento com energia de qualidade em regiões onde há limitação técnica ou econômica para conectá-las ao Sistema Interligado Nacional

corvetas, distinguem-se dos demais navios por sua versatilidade, capacidade de detecção, mobilidade e autonomia para a patrulha de extensas áreas marítimas, na defesa dos interesses econômicos nacionais. Por suas características e capacidades, são propícios para atuarem na proteção dos navios de grande porte, que são, normalmente, mais lentos e dispõem de menos recursos para autodefesa.

### Navios Patrulha

A Marinha planeja construir 15 navios-patrulha em estaleiros nacionais, com recursos oriundos do Fundo da Marinha Mercante, fomentando a construção naval brasileira e a Base Industrial de Defesa, gerando empregos e contribuindo para o desenvolvimento do País. Os Patrulhas são navios de pequeno e médio portes, menores que os escoltas, versáteis e propícios para a fiscalização da Amazônia Azul, que contribuem para a segurança do tráfego marítimo nacional e para o combate a ilícitos, como pirataria, contrabando, crime organizado, tráfico de drogas e pessoas e descaminho. Colaboram, ainda, na fiscalização contra a pesca predatória e na prevenção da poluição ambiental (hídrica e marinha). A Marinha dispõe de 31 navios-patrulha, distribuídos pelo litoral e águas interiores, em nove núcleos regionais (Distritos Navais). Em 2025, serão retirados de serviço 15 desses navios, por terem ultrapassado sua vida útil.

# A propulsão nuclear de submarinos é uma tecnologia dominada por poucos

Almirante de Esquadra Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

O Brasil já detém o domínio do complexo ciclo do enriquecimento do combustível nuclear e está consolidando sua capacidade de projeto e construção de uma planta de propulsão nuclear. “Nossos objetivos estão se tornando realidade”, comemora o almirante Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior, diretor da Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). Futuro ministro de Minas e Energia do próximo governo, que toma posse em janeiro de 2019, ele diz que a energia nuclear pode reforçar a base da matriz elétrica, por ser uma fonte estável e previsível e com a enorme vantagem de contribuir para evitar o efeito estufa. “Com isso, sob as variações de geração elétrica nas fontes hídrica, eólica e solar, a vertente nuclear consegue amortecer tais flutuações, garantindo a estabilidade necessária para a demanda elétrica”, afirma ele em entrevista a Vera Dantas, da *Brasil Nuclear*.

## Como é constituída e qual o efetivo da Diretoria de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha?

A Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM) possui uma força de trabalho composta por servidores civis e militares, da qual participam cientistas, engenheiros e técnicos especializados em diversas áreas do conhecimento.

As seguintes organizações militares estão subordinadas à Diretoria: o Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro, responsável pela gestão de CT&I do Centro de Análise de Sistemas Navais (Casnav), do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) e do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM); o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), responsável pelo macro gerencia-

mento da Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM) e do Centro Industrial Nuclear de Aramar (Cina), dedicados a execução do Programa Nuclear da Marinha (PNM), do Centro de Desenvolvimento de Submarinos, do Centro de Coordenação de Estudos da Marinha em São Paulo (CEMSP) e do Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica de Aramar.

A DGDNTM também incorpora ao seu inventário a Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), responsável pelo licenciamento e fiscalização do submarino com propulsão nuclear.

Ao todo, perfazemos, aproximadamente, 4.300 profissionais no setor de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha.



O Brasil está a poucos passos de ser admitido nesse restrito “Clube”, formado apenas pelos países com assento permanente no Conselho de Segurança da ONU e pela Índia



## Qual a missão da DGDNTM e suas metas?

A DGDNTM possui, como missão, a coordenação superior das atividades de gestão de pesquisa e de desenvolvimento de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), nas áreas temáticas voltadas para os Meios Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais que integrarão as Marinhas do amanhã e do futuro. As nossas metas principais são: desenvolver as nossas competências tecnológicas; aprimorar a tecnologia de produção de combustível nuclear; concluir a construção e iniciar a operação do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene), que será, em terra, o protótipo da planta de propulsão do nosso submarino nuclear; concluir a construção dos quatro submarinos convencionais da classe Riachuelo, cujo primeiro será lançado ao mar em 14 de dezembro próximo; finalizar o projeto e construir o submarino com propulsão nuclear Álvaro Alberto; e prontificar a infraestrutura de apoio a esses meios e suas tripulações (os estaleiros e a Base Naval de Itaguaí).

**Embora date de 1978 o início oficial do programa estratégico para a construção de um submarino nuclear, vem de antes o envolvimento da Marinha brasileira com a tecnologia nuclear - haja vista a participação do almirante Álvaro Alberto na Comissão de Energia Atômica do Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas (ONU) e na criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e do almirante Octacílio Cunha como fundador e primeiro presidente (1956-1961) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Pode-se dizer, então, que o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil está ligado à Marinha?**

O almirante Álvaro Alberto, que é o Patrono da Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha, ingressou na Escola Naval em 1906, sendo declarado guarda-marinha em 1909. Recebeu o Prêmio Greenhalgh, destinado ao aspirante que tenha apresentado o mais alto índice de rendimento nos estudos, destacando-se, desde muito cedo, dentre os seus pares. Graduou-se físico e engenheiro geógrafo em 1911, pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Mais tarde, estudou na École Centrale Technique, em Bruxelas, Bélgica. Já em 1916, passou a lecionar a disciplina Química dos Explosivos, na Escola Naval. Em 1939, tornou-se catedrático do Departamento de Física e Química da Escola Naval, onde introduziu o estudo de Física Nuclear. Durante mais de 30 anos, dedicou-se ao magistério, sem abandonar suas pesquisas, especialmente, na área de explosivos e, de modo mais aprofundado, na área de energia nuclear. Foi não só representante do Brasil na Comissão de Energia Atômica da ONU, como também foi aclamado, por unanimidade, à Presidência daquele organismo, para o biênio 1946-947. Idealizador e primeiro presidente do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), foi também presidente da Academia Brasileira de Ciências (ABC).

O almirante Otacílio Cunha, por seu turno, era engenheiro naval e cientista, tendo sido o fundador da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), em 1956, a qual presidiu até 1961. Da mesma forma, foi presidente do CNPq, durante o biênio 1961-1962.

Portanto, constata-se que o desenvolvimento da energia nuclear no País está robustamente conectado à trajetória desses ilustres Marinheiros.

## Quais foram, em sua opinião, os principais marcos do Programa Nuclear da Marinha?

No meu entendimento, os principais marcos do PNM foram: o Domínio do Ciclo do Combustível Nuclear, principalmente no que se refere ao Enriquecimento de Urânio (por ultracentrifugação), que é a etapa mais complexa deste ciclo; o domínio dos ciclos termodinâmicos associados aos reatores à água pressurizada (PWR), por meio do uso intensivo de laboratórios de neutrônica e de termohidráulica; e a concepção do Labgene, ora em fase de construção civil e montagem eletromecânica, com previsão de início de comissionamento para 2021.

## Quais são os principais desafios do Programa?

Os nossos principais desafios consistem: na mobilização permanente de pessoas capacitadas para analisar e resolver uma gama ampla de problemas técnicos e logísticos; na obtenção e desenvolvimento de sistemas e equipamentos com requisitos nucleares, os quais não são comuns no mercado brasileiro; e em atender às exigências do licenciamento ambiental e nuclear, com enfoque na área de segurança de construção e operação de plantas nucleares.

## Muitos programas criados para a área de Defesa acabam evoluindo para o setor civil. Quais são os principais "spin offs" gerados pelo PNM? Que áreas do conhecimento o Brasil desenvolveu devido ao Programa?

Alguns sistemas de controle eletrônico digital foram desenvolvidos no Brasil em razão do PNM, especialmente aqueles voltados para áreas do ciclo do combustível nuclear, assim como materiais especiais (aços e poliméricos) para emprego nos setores nuclear e médico, e de sistemas inerciais e de radar, para emprego nos setores aeroespacial e naval.

Podemos destacar, como um dos muitos exemplos de êxito dual, o projeto de produção de fibra de carbono empregada em ultracentrifugas, conduzido pelo CTMSP. A partir do desenvolvimento desses materiais baseados em carbono, as ultracentrifugas podem operar com elevada eficiência e segurança. Graças ao domínio do processo de produção de fibra de carbono, as Industrias Nucleares do Brasil (INB) já operam sete cascatas de ultracentrifugas, fabricadas no País

e fornecidas pela Marinha. O próprio Centro emprega, também, esse material em suas cascatas, para a produção do combustível destinado ao Labgene e, futuramente, ao submarino com propulsão nuclear.

Outra área do conhecimento desenvolvida pela Marinha, em decorrência do arasto tecnológico do PNM, relacionada com a tecnologia de materiais especiais, é aquela das válvulas de micro-ondas de potência do tipo “travelingwave tube” (TWT), que são empregadas nos radares do setor operativo e, também, em radares já produzidos pela base industrial de defesa do País. Hoje, a Marinha já dispõe de uma planta piloto de fabricação de válvulas TWT.

É importante, também, registrar que a Marinha tem buscado, no âmbito de seus projetos estratégicos, a participação, cada vez mais intensiva, da indústria brasileira. O PNM e o Programa de Desenvolvimento de Submarinos, o Prosub, são grandes impulsionadores desta iniciativa.

Especificamente para o Prosub, um programa de nacionalização foi criado, com o propósito de qualificar empresas, principalmente por meio da transferência de tecnologia e de conhecimentos para seus profissionais. As consequências observadas têm sido muito positivas e têm propiciado novas oportunidades de mercado para o setor industrial brasileiro, com produtos incorporando tecnologias no estado da arte. Na construção dos novos submarinos em Itaguaí, já vivemos essa realidade. Dentre os inúmeros casos existentes, menciono os de fornecimento de cabos elétricos e de válvulas de casco, respectivamente pelas empresas Tamar, de São Paulo, e Micromazza, do Rio Grande do Sul.

Fabricante de cabos elétricos, a Tamar se submeteu a um processo de aperfeiçoamento de seus produtos, e a troca de conhecimentos com os especialistas da Marinha resultou no desenvolvimento de materiais que atenderam a rigorosos testes de qualificação, exigidos para o emprego naval, segundo requisitos constantes em normas internacionais e utilizados por grandes *players* da área de Defesa. A Micromazza, por seu turno, não somente desenvolveu um protótipo de válvula de casco originalmente produzida e especificada pela empresa estrangeira Naval Group. Ela foi além! Com base na *expertise* das tecnologias empregadas pelo setor de *offshore*, aperfeiçoou o projeto original, desenvolvendo um produto de maior qualidade e certificado para aplicação naval.

### Quantos empregos foram gerados direta e indiretamente pelo Prosub e o PNM?

O Prosub e o PNM, programas estratégicos da Marinha e do País, têm permitido a absorção e o desenvolvimento de tecnologias de vanguarda, bem como a nacionalização e a concepção de vários equipamentos e sistemas, alavancando diversos setores da indústria nacional. As atividades desses Programas envolvem 23 universidades e instituições de pesquisa, e 900 empresas, tendo gerado, aproximadamente, 8 mil empregos diretos e 17 mil empregos indiretos.

### Qual a importância estratégica para a Marinha brasileira de contar com um submarino de propulsão nuclear?

Uma das principais prioridades da Marinha do Brasil, definida pela Estratégia Nacional de Defesa (END), é a de negação do uso do mar a qualquer força hostil que tente se concentrar em nossas águas jurisdicionais. Esse desafio estende-se a toda nossa Amazônia Azul, uma área de 4,5 milhões de km<sup>2</sup>, contendo 8.500 km de costa, onde se concentram plataformas de petróleo, instalações navais e portuárias, grande parte das capitais brasileiras e 95% do comércio exterior do País.

A posse do submarino com propulsão nuclear contribuirá, significativamente, para o cumprimento dessa tarefa da Marinha, pois é o meio que apresenta a melhor razão custo/benefício na guerra naval. Devido à sua capacidade de ocultação, o submarino gera importante efeito dissuasório, desestimulando a agressão de uma eventual força oponente.

Essa capacidade tem limitação nos submarinos convencionais, com propulsão diesel-elétrica, onde a ocultação tem que ser periodicamente interrompida para recarregar as baterias e renovar o ar ambiente, mediante o acionamento de geradores alimentados por motores a combustão. É um momento de vulnerabilidade que, para ser minimizado, obriga a economia de energia, com a consequente limitação da mobilidade. Ainda assim, o submarino convencional é um importante meio empregado em uma “estratégia de posição”, patrulhando uma área limitada, a baixa velocidade.

Já os submarinos com propulsão nuclear estão livres dessa limitação. Seu reator nuclear gera energia quase ilimitada, assegurando elevada mobilidade, com grande velocidade e por longo período de tempo, sem necessidade de o submarino ir à superfície. Enquanto os submarinos convencionais deslocam-se a uma velocidade média de 6 nós, cerca de 11km por hora, os submarinos com propulsão nuclear atingem 35 nós, quase 65 km/hora.

Nessa condição, podem ser empregados segundo uma estratégia de movimento, gerando, no oponente, a percepção real de que o submarino pode estar em todos os lugares. Com essas características, os submarinos agregam uma importância estratégica inegável à Marinha e ao Brasil.

### Na década de 1970, a propulsão nuclear era uma tecnologia moderna

que pertencia a poucos países, como EUA, Inglaterra, França, União Soviética e República Federal da Alemanha e, de acordo com a historiadora Fernanda das Graças Corrêa, em seu livro “O Projeto do Submarino Nuclear Brasileiro – Uma história de ciência, tecnologia e soberania”, a construção de um submarino nuclear passou a ser uma estratégia do governo do general Ernesto Geisel para fugir da dependência científica, tecnológica e econômica dos países desenvolvidos, sobretudo, dos EUA. Em sua opinião, esse objetivo foi alcançado?

Releva destacar que, ainda hoje, a propulsão nuclear para submarinos é uma tecnologia dominada por poucos. Além daqueles países que possuem assento permanente no Conselho de Segurança das Nações Unidas, apenas a Índia pertence a esse restrito “Clube”. O Brasil, com abnegado desenvolvimento autóctone, está a poucos passos de ser admitido nesse seleto grupo.

Já detemos o domínio do complexo ciclo do enriquecimento do combustível nuclear, com significativa vantagem competitiva sobre importantes *players*. Estamos consolidando a nossa capacidade para projetar e construir planta de propulsão nuclear. Os nossos objetivos estão se tornando realidade com a prontificação do Labgene, que será, em terra, o protótipo da planta de propulsão do nosso submarino nuclear. Nessa trajetória de conquistas, agregamos muito valor em conhecimento científico e tecnológico.

### A tecnologia nuclear é estratégica para o país?

A matriz energética brasileira conta com diversas fontes, onde a opção nuclear figura com menos de 3% do total. Por ser uma fonte confiável, no sentido de ser estável e previsível, no que concerne à produção de energia elétrica, as usinas nucleoeletricas podem reforçar a parcela dita de “base”

da matriz, com a enorme vantagem de não produzir CO<sub>2</sub>, contribuindo, dessa forma, para evitar o efeito estufa. Com isso, sob as variações de geração elétrica nas fontes hídrica, eólica e solar, a vertente nuclear consegue amortecer tais flutuações, garantindo a estabilidade necessária para a demanda elétrica. Adicionalmente, a fonte nucleoeletrica possui múltiplos empregos, como a dessalinização de água do mar, vertente que está em avaliação no setor da engenharia nacional.

### O senhor considera que o País está perdendo conhecimento estratégico com a não reposição dos especialistas da área nuclear que estão se aposentando? Isto tem ocorrido no projeto da Marinha?

Uma parcela significativa dos engenheiros e técnicos que trabalham no setor nuclear brasileiro iniciou sua vida profissional nas décadas de 1970 e 1980. Boa parte já se aposentou ou está prestes a se aposentar. Portanto, há uma natural demanda por renovação de quadros. Essa pressão é ampliada na medida em que há uma perspectiva de se expandir a participação da componente nuclear na matriz energética brasileira. Da mesma forma, os empreendimentos capitaneados pela Marinha, como o Labgene e a implantação do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), apontam para a necessidade de investimento em formação de novos técnicos.

Por ser a energia nuclear uma fonte confiável na produção de energia elétrica, as usinas nucleoeletricas podem reforçar a base da matriz, com a enorme vantagem de não produzir CO<sub>2</sub>

Com relação à Marinha, em face da retomada do PNM e com a decisão de se construir o submarino com propulsão nuclear, a Força concluiu que necessitava adotar as medidas para assegurar a retenção de seu pessoal altamente especializado, bem como para captar novos profissionais com notável saber, proporcionando, a esses colaboradores, efetivos ou potenciais, condições semelhantes aquelas existentes no mercado. Nesse sentido, foi criada a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (Amazul), empresa pública vinculada ao Ministério da Defesa, por meio do Comando da Marinha, focada na gestão do conhecimento e com a finalidade de promover, absorver, transferir e manter as tecnologias necessárias às atividades do Programa Nuclear da Marinha, do Programa Nuclear Brasileiro e do Prosub.

As ações da Amazul têm permitido a mitigação de eventual carência de mão de obra especializada, bem como da aposentadoria de valiosos quadros. Entre essas medidas, podemos destacar o Programa de Transferência do Conhecimento Antes da Aposentadoria, que visa preservar o conhecimento daqueles profissionais que detêm uma extraordinária experiência nos nossos Programas, especialmente o PNM.



# O reator do submarino nuclear brasileiro será o único no mundo a ter duplo licenciamento

Contra-almirante Humberto Moraes Ruivo

A experiência profissional nas áreas de projetos de navios e submarinos e nuclear contribuiu decisivamente para a designação do diretor da nova Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), contra-almirante Humberto Moraes Ruivo. Engenheiro mecânico pelo Instituto Militar de Engenharia, ele ingressou na Marinha em 1982. Fez três cursos de projetos de submarinos na Alemanha e duas pós-graduações na Inglaterra (MSc e MPhil), essenciais para a área de projetos de navios e submarinos, onde trabalhou até 2001:

Ruído/Vibrações e Propagação de Ondas em Estruturas Periódicas. De 2001 a 2005, atuou no então Ministério da Ciência e Tecnologia, inicialmente como assessor do Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear e, a partir de 2003, como coordenador do Programa Técnico-Científico Nuclear, tendo também sob sua responsabilidade o Sistema de Proteção do Programa Nuclear Brasileiro (Sipron). Durante sua passagem pelo MCT, participou ainda dos conselhos fiscais da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep) e da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB). Promovido a almirante em 2010, assumiu a diretoria Técnica de Enriquecimento de Urânio na INB, até setembro de 2012. Em abril de 2017, foi convidado para estruturar o Núcleo de Implantação da AgNSNQ, ativada em fevereiro passado.

## Qual é a missão principal da nova agência reguladora nuclear criada dentro da Marinha?

A AgNSNQ tem a missão de regular e fiscalizar a segurança (nuclear e naval) de meios navais com planta de propulsão nuclear, bem como garantir a qualidade no desenvolvimento tecnológico de produtos e sistemas navais de defesa.

**Qual o motivo da criação de mais uma agência reguladora nuclear, considerando que a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) é o órgão regulador nacional na área e que hoje licencia inclusive as instalações nucleares ligadas às instituições militares?**

Um submarino, ou qualquer outro meio naval, com propulsão nuclear representa um desafio para o licenciador, pois emprega um reator nuclear em uma embarcação e não em uma instalação fixa em terra. Nesse caso, é imprescindível conjugar a segurança nuclear com a segurança do meio (ou plataforma) naval, de forma integrada, para garantir a capacidade operacional segura do conjunto.

A Cnen licencia instalações fixas, inclusive militares, mas não dispõe de técnicos com conhecimento de projeto, construção, comissionamento, operação e descomissionamento de submarinos, ou outros meios navais, para fazer a análise conjugada da segurança nuclear naval. A Marinha, por outro lado, conta com uma experiência centenária de obtenção e operação de meios navais e desenvolve um Programa Nuclear há cerca de quarenta anos.

A atividade de fiscalização em submarinos requer embarques nesses meios navais, por períodos prolongados, o que não é compatível com o regime trabalhista dos funcionários civis da carreira de Ciência e Tecnologia do Governo Federal. É, portanto, natural que a Marinha seja a responsável por licenciar e fiscalizar meios navais com propulsão nuclear.

Caso a atribuição de licenciar meios navais com propulsão nuclear ficasse com a Cnen, aquela autarquia precisaria adquirir todo um conhecimento sobre segurança naval, de modo a não comprometer o cronograma de construção do submarino nuclear, tarefa difícil, custosa e, provavelmente, inexecutável no prazo disponível.

Ademais, o Comandante da Marinha que, em conformidade com a Lei Complementar nº 97/1999, é o responsável pelo

preparo e emprego do Poder Naval, aí compreendidos os meios navais e o submarino com propulsão nuclear, não poderia prescindir da criação de uma organização, no âmbito da própria Marinha, que o assessorasse em relação à operação segura dos meios com propulsão nuclear, sobretudo em sua utilização militar. Esta lei também atribui ao Comandante da Marinha o cargo de Autoridade Marítima, sendo o responsável pela regulação e fiscalização de todas as embarcações, em especial no que se refere à segurança e preservação da vida humana no mar. Para cumprir suas obrigações e zelar pela segurança dos meios navais com planta de propulsão nuclear, a Marinha do Brasil decidiu criar uma organização militar, de caráter eminentemente técnico, atribuindo à AgNSNQ a missão de contribuir para a segurança de meios navais com planta de propulsão nuclear.

Nos países que operam meios navais com propulsão nuclear, há sempre um órgão militar de segurança nuclear que atua de maneira independente, mas coordenada, com sua contraparte civil. Em todos esses países, o órgão militar licencia *todas* as instalações militares, inclusive as de terra.

#### Como será a atuação das duas agências?

Para facilitar essa atuação coordenada, encontra-se em tramitação um Protocolo de Intenções Mútuas (PIM) entre a Cnen e a AgNSNQ visando à colaboração em capacitação, elaboração de normas e procedimentos, análise de documentação, software e resposta a emergências.

No Brasil, as instalações nucleares militares em terra continuam a ser licenciadas e fiscalizadas pela Cnen, inclusive o protótipo em terra do reator nuclear de propulsão do submarino, desenvolvido no Laboratório de Geração de

Energia Nucleoelétrica (Labgene) do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). Em consequência, o reator que embarcará no submarino terá passado por duplo licenciamento: seu protótipo, pela Cnen; e a versão a ser embarcada, pela AgNSNQ, o que torna o caso brasileiro único no mundo.

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) não trata de reatores nucleares embarcados, por entender que o tema, por envolver embarcações, é da esfera de competência da International Maritime Organization (IMO). No entanto, devido à singularidade do exemplo brasileiro, poderá vir a colaborar com a Marinha do Brasil na formatação de um arcabouço normativo que aborde reatores embarcados.

#### Já existe um arcabouço legal ou será elaborado?

Uma iniciativa conjunta do Ministério da Defesa (MD) e do MCTIC propôs alterar a lei de criação da Cnen (Lei nº 6.189/1974) de modo a atribuir à AgNSNQ o licenciamento e a fiscalização de meios navais com propulsão nuclear, bem como o transporte de seu combustível nuclear. O MCTIC solicitou um parecer técnico sobre a proposta à Cnen, que então criou um grupo de trabalho, integrado pela AgNSNQ, para executar a tarefa. Com parecer favorável, a proposta de Projeto de Lei (PL 10.771/2018) foi encaminhada à Casa Civil e, em seguida, para assinatura do Presidente da República e posterior envio ao Congresso Nacional, onde se encontra atualmente aguardando apreciação.

**A Cnen dispõe de um quadro técnico de alto nível com grande experiência em licenciamentos na área nuclear. Como a nova Agência pretende suprir a necessidade des-**



Ronaldo Santos

O reator do submarino passará por duplo licenciamento: seu protótipo, pela Cnen; e a versão a ser embarcada, pela AgNSNQ, o que torna o caso brasileiro único no mundo

**se pessoal especializado, que, além do conhecimento técnico, deve ter a visão e o espírito do regulador? Há um programa de formação de quadro técnico?**

Em primeiro lugar, cabe destacar que a missão da AgNSNQ é a de contribuir para a segurança do submarino, analisando de forma integrada os aspectos relacionados à segurança naval e nuclear, simultaneamente. Normas e procedimentos aplicáveis às instalações em terra não são, obrigatoriamente, adequados a meios navais. Trata-se de tarefa inédita no Brasil.

A Agência conta atualmente com acadêmicos renomados e dois especialistas, com experiência de mais de trinta anos de trabalho na Cnen, na área de regulação, que auxiliam engenheiros de várias especialidades nas diversas tarefas relativas ao licenciamento. Parte desse grupo de engenheiros é formada por profissionais experientes, com histórico de atuação em projeto, construção e fiscalização de meios navais, ou em áreas do PNM. Há também jovens oficiais e civis contratados que estão sendo especializados em múltiplos cursos e treinados na própria Agência. O PIM a ser firmado com a Cnen deverá permitir ampliar as atividades de formação e treinamento.

Cabe ainda ressaltar que a Marinha do Brasil opera navios de superfície e submarinos, estes há mais de cem anos. Tais embarcações utilizam em seus sistemas munições, propelentes e explosivos. Para a operação segura desses meios, a Força Naval incorporou a cultura de segurança e possui em sua estrutura setores especializados em regulação e fiscalização de meios navais, que atuam de modo bastante similar às práticas existentes na área nuclear, em especial no que se refere às atividades de mergulho.

**Quais são as normas que serão seguidas nos processos de licenciamento e fiscalização a serem exercidos pela nova Agência?**

A Agência utiliza como referência as normas da AIEA, da Cnen, do NRC e de órgãos militares de segurança nuclear. Tais normas nem sempre podem ser utilizadas sem uma adaptação para o caso de meios navais com propulsão nuclear.

No momento, a AgNSNQ está dedicada a selecionar, adaptar ou mesmo criar normas para o licenciamento e a fiscalização do submarino com propulsão nuclear (SN-BR) a ser construído pela Marinha do Brasil. No processo de elaboração, a AgNSNQ adota a estratégia utilizada pela AIEA de definir princípios fundamentais de segurança e, a partir deles, requisitos de segurança, para então chegar a normas e procedimentos.

**Uma das questões levantadas internacionalmente, principalmente nos documentos da AIEA, é a necessidade de independência regulatória. Esse é um dos principais ar-**

**gumentos para a proposta de separar a parte reguladora da Cnen da parte responsável pelas pesquisas e desenvolvimento. Como a nova Agência poderá garantir a sua independência decisória, considerando que a Marinha, como órgão militar, obedece rigidamente a hierarquia estabelecida?**

O Comandante da Marinha é responsável pelo preparo e emprego de meios navais. Como Autoridade Marítima, é também responsável pela regulação e fiscalização de todas as embarcações, em especial no que se refere à segurança e preservação da vida humana no mar. Para exercer essas atribuições, ele conta com órgãos de fiscalização da Marinha, que acompanham todas as fases de projeto, construção, comissionamento, operação e descomissionamento dos meios, de maneira independente e com total liberdade de ação, assessorando diretamente o Alto Comando da Força.

Essas tradicionais independência e liberdade de ação, testadas ao longo de décadas, serão também asseguradas à AgNSNQ, incumbida de assessorar a Autoridade Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (ANSNQ) que, por delegação do Comandante da Marinha, será o diretor-geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). As decisões da ANSNQ, embasadas pela análise técnica da AgNSNQ, encaminhadas ao Alto Comando, serão tratadas do mesmo modo que as decisões dos demais órgãos fiscalizadores da Marinha, ou seja, como essenciais para a questão da segurança no preparo e emprego de meios navais.

Diferentemente do que ocorre com a Cnen, onde as áreas de Regulação e de P&D estão na mesma instituição, onde se tem um único dirigente máximo, na Marinha isso não ocorre. Dirigentes distintos, cada qual com seu CNPJ, prerrogativas independentes e responsabilidades legais distintas, são responsáveis pelas atividades de desenvolvimento do submarino nuclear e de regulação e fiscalização. As organizações responsáveis pelo desenvolvimento do projeto e pela regulação possuem ainda níveis hierárquicos similares, não havendo qualquer grau de subordinação entre elas.

Sendo a Marinha uma organização com aproximadamente 85 mil militares e civis, em diversas organizações, o modelo de fiscalização e auditoria independente está perfeitamente operacional em diferentes áreas de atuação na Força.

**A ligação do órgão regulador com o órgão responsável pelas instalações poderá influenciar a oposição da opinião pública?**

Não vejo a menor possibilidade de isso vir a ocorrer. De forma inédita no mundo, temos um processo com duplo licenciamento por autoridades distintas. O licenciamento do submarino nuclear, pela AgNSNQ, tem como pré-requisito o licenciamento do reator nuclear do protótipo em terra, pela Cnen. Nos outros Estados que operam submarino nuclear,



o licenciamento do protótipo em terra e do submarino são realizados exclusivamente pelo órgão regulador militar.

Adicionalmente, o órgão responsável pela obtenção do submarino com propulsão nuclear é a Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (Cogesn). Ele é totalmente independente da AgNSNQ, órgão regulador, a quem solicita as licenças para projeto, construção e comissionamento, enquanto o setor operativo solicita as de operação e descomissionamento do submarino. Como já mencionado, cada um desses órgãos possui dirigente próprio e independência administrativa, sem vínculo de subordinação hierárquica.

### **Qual será a participação da nova Agência nas questões de salvaguardas, junto à Abacc e junto à AIEA?**

A questão de como implementar salvaguardas para o submarino ainda está em fase de estudos. Aqui, também, o caso brasileiro é único no mundo, pois não há histórico de programa militar que submeta suas instalações a controles internacionais. As instalações navais em terra acumulam centenas de inspeções pela Abacc e AIEA.

Pretende-se estudar formas de contabilidade e controle do combustível nuclear que respeitem as características de atuação de um submarino nuclear, conforme já previsto no Acordo Quadripartite entre a Argentina, o Brasil, a Abacc e a AIEA. Vale frisar que a solução inovadora a ser encontrada deverá servir de referência internacional, como foi o caso da própria Abacc, exemplo singular e exitoso de entendimento entre dois Estados em prol da segurança nuclear.

Diferentemente do que ocorre com a Cnen, onde as áreas de Regulação e de P&D estão na mesma instituição, com um único dirigente, na Marinha isso não ocorre

## **Agência naval de Segurança Nuclear e Qualidade**

### **Estrutura e funções**

Sua estrutura consiste de um diretor com duas assessorias (Técnica e de Relações Institucionais) e cinco departamentos: Análise de Projetos e Normas de Segurança Nuclear; Operação, Manutenção e Respostas a Emergências; Metrologia, Qualidade e Certificação; Planejamento e Desenvolvimento Organizacional; e Administração. Ela contará com um quadro de 64 profissionais, em sua maioria técnicos. Atualmente, 45 pessoas trabalham na Agência.

Suas funções em segurança nuclear são: elaborar normas e procedimentos relativos à segurança nuclear naval; analisar documentos e projetos requeridos para o licenciamento de meios navais com propulsão nuclear; fiscalizar a segurança nuclear naval desses meios navais; e definir procedimentos e operar um Centro de Respostas a Emergências Nucleares. Na área de qualidade, suas funções são prover: normas, guias e regulamentos de metrologia e qualidade; rastreabilidade metrológica de instrumentos e laboratórios; avaliação da conformidade; e assessoria técnica de Offset.

# CTMSP amplia estrutura do Centro Experimental de Aramar

Vera Dantas

Com a presença do presidente da República, Michel Temer, foi realizada, no dia 8 de junho passado, no Experimental de Aramar (CEA), em Iperó (SP), a solenidade de lançamento da pedra fundamental do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e de início dos testes de integração dos turbogeradores do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene), onde está sendo construído o protótipo terrestre do submarino com propulsão nuclear. Projeto sob a responsabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) que tornará o Brasil autossuficiente na produção de radiofármacos, o RMB será construído em uma área cedida pela Marinha do Brasil.

A solenidade comemorou também os 30 anos de inauguração, em 8 de abril de 1988, da Usina de Enriquecimento Isotópico Almirante Álvaro Alberto pelo presidente José Sarney e com a presença do presidente da Argentina, Raul Alfonsín. O CEA é parte da estrutura do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), organização executora

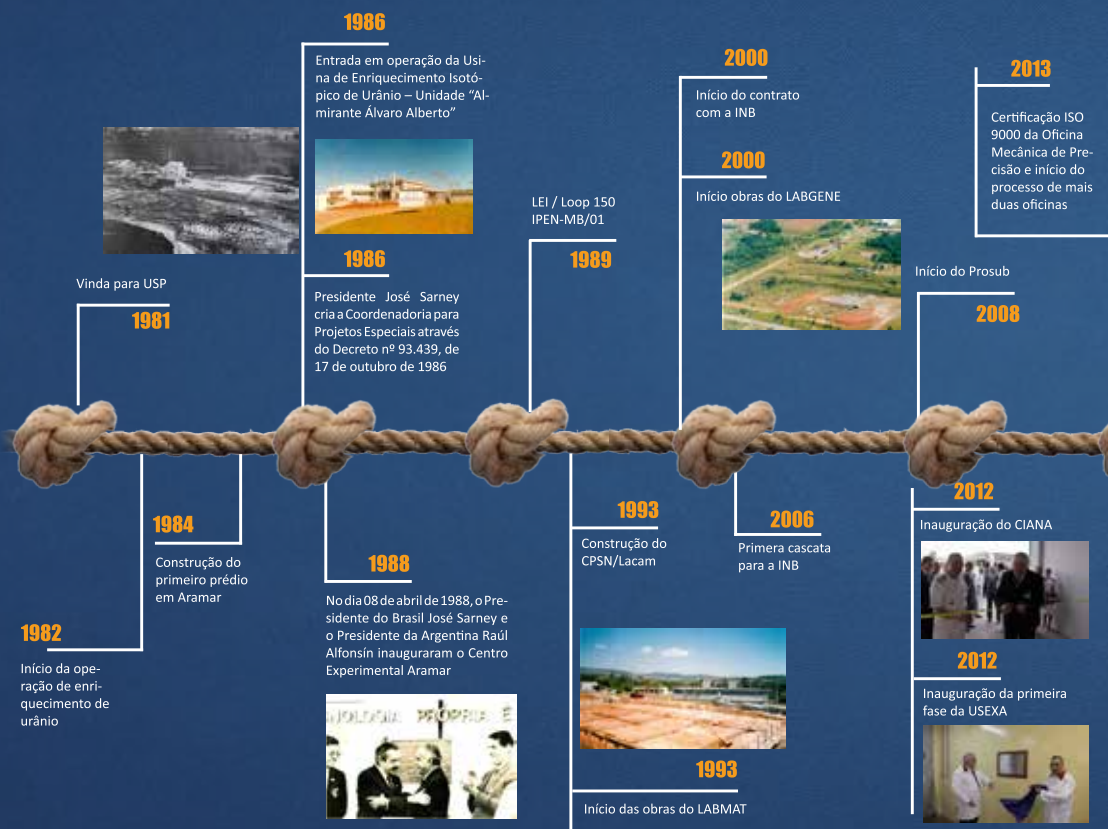
do Programa Nuclear da Marinha, que conta também com instalação na cidade de São Paulo.

Com 32 anos de atividades, o CTMSP é uma Organização Militar (OM) responsável pela coordenação do Programa Nuclear da Marinha (PNM). Criado pelo Decreto 93.439, de 17 de outubro de 1986, sob o nome de Coordenadoria para Projetos Especiais (Copesp) - denominação alterada em 1995 para CTMSP - foi reestruturado em 2017, a fim de permitir melhor gerenciamento e condução das atividades de implementação do Programa. A partir da estrutura já existente, foram criadas novas OMs, diretamente subordinadas ao CTMSP, que são: a Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM), responsável pelo projeto, desenvolvimento e implementação do Programa Nuclear da Marinha; o Centro de Desenvolvimento de Submarinos (CDS), responsável pelo projeto do Submarino Nuclear Brasileiro (SN-BR); e o Centro Industrial Nuclear de Aramar (Cina), responsável pela operação das unidades industriais, laboratórios e demais instalações atinentes ao PNM.

Basicamente, na cidade São Paulo, estão situadas o CTMSP, a DDNM e o CDS, e em Iperó, na região denominada

Arte: 1º tenente (RM2-T) Ivan Carlos de Oliveira

## LINHA DO TEMPO



pela Marinha de Aramar, estão situados o Cina e o Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica de Aramar (BtlDefNBQR-Aramar). Esse Batalhão provê a segurança física das instalações e apoia ações de controle de emergências de natureza Nuclear, Biológica, Química e Radiológica, potenciais ou reais, na área de Aramar. Nas instalações do Cina, há, ainda, o Centro de Instrução e Adestramento Nuclear de Aramar (Ciana), que tem como objetivo principal formar os futuros operadores do Labgene e do SN-BR, “uma capacitação bastante específica e não encontrada em universidades”, informa o diretor do CTMSP, vice-almirante Sydney dos Santos Neves.

O Labgene é o protótipo em terra da planta de propulsão nuclear. Ele terá 11MW de potência elétrica, providos por um reator nuclear do tipo Pressurized Water Reactor (PWR) e quatro turbogeradores que alimentarão um Motor Elétrico de Propulsão (MEP) e demais sistemas da referida planta. “Essa instalação servirá de base e de laboratório para qualquer outro projeto de reator nuclear no Brasil, e permitirá a obtenção da capacitação necessária para incorporá-la ao SN-BR”, afirma o vice-almirante Neves. Segundo ele, a principal diferença em relação a um reator comercial está na potência desenvolvida, que para o Labgene será variável e inferior, pois atenderá a simulação das condições operativas e a demanda de um submarino. “Em uma instalação nuclear comercial, cujo foco é a geração de energia elétrica para alimentar diversos consumidores, a potência é contínua e superior. Outra diferença importante está associada à limitação de espaço, que foi considerada no protótipo

em terra, refletindo as dimensões do casco resistente do SN-BR”, explica.

De acordo com o diretor do CTMSP, para conquistar a autonomia do ciclo do combustível nuclear, objetivo perseguido pela Marinha do Brasil, uma enorme infraestrutura é necessária, e avança sobretudo com a implantação das instalações nucleares e não-nucleares em Iperó/SP, destinadas ao desenvolvimento e produção de elemento combustível e à operação de planta nucleoeletrica. “No final da década de 80, dominou a tecnologia de enriquecimento de urânio por meio do desenvolvimento dos sistemas de separação isotópica, barreira de elevado conteúdo tecnológico e de domínio de poucos países (Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha, Holanda, Japão, Rússia, China, Índia, Paquistão, Irã e Brasil). Uma vez dominada essa tecnologia, o aprimoramento das ultracentrífugas prossegue, visando a obtenção de versões mais eficientes a fim de atender ao PNM/Prosub e também ao setor de enriquecimento de urânio das Indústrias Nucleares do Brasil (INB)”.

O diretor do CTMSP informa que existem, atualmente, diversas atividades simultâneas em andamento no PNM, que compreendem a conclusão de projetos de alguns sistemas, a realização de obras civis dos prédios e de infraestrutura, a aquisição/fabricação de equipamentos e a execução de montagens eletromecânicas. Além das atividades associadas ao Labgene, há ações que vêm sendo empreendidas para conclusão da Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio (Usexa) e do Laboratório de Materiais Nucleares (Labmat).







Katia Itroka



O almirante Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior, diretor-geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha, o presidente da Cnen, Roberto Pertusi, e o superintendente do Ipen, Wilson Calvo, descerram a placa comemorativa

## Reator IPEN/MB-01 comemora 30 anos

No começo dos anos 80, mais de 100 pessoas – entre doutores, pesquisadores, técnicos e bolsistas – estavam alocadas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), participando do projeto do submarino nuclear da Marinha.

Por ser um projeto nuclear, para o qual não se poderia contar com o fornecimento externo de tecnologia e equipamentos, seu desenvolvimento exigiu a criação de diversas instalações experimentais. Uma das mais complexas era a construção de reator de potência zero, que é empregado na realização de testes em reatores nucleares. No início de novembro passado, o Ipen comemorou os 30 anos de operação do IPEN/MB-01, o primeiro com concepção e construção genuinamente nacionais. Na solenidade, à qual compareceram autoridades e representantes da Marinha, também foi entregue o novo núcleo com elementos combustíveis do tipo placa, idênticos ao que serão utilizados no Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), cujo projeto está em início de execução pela Cnen. A mudança na geometria do núcleo – antes composto de varetas combustíveis – foi operada pelo Centro de Engenharia Nuclear (CEN) do Ipen.

De acordo com Ulisses D’Utra Bitelli, gerente adjunto de Operação do Reator IPEN/MB-01, o reator “é padrão de comparação internacional para experimentos de criticalidade”. Segundo ele, participar das comemorações dos 30 anos desse reator é um “prêmio” para a carreira de quem viu tudo começar. “Ao longo de três décadas, nosso reator vem desempenhando um papel preponderante no desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro, sendo um importante centro de treinamento para operadores de reatores, além de contribuir para pesquisas relevantes sobre Física de Reatores e Instrumentação Nuclear são realizadas”, ressaltou Bitelli.

(Fonte: Assessoria de Comunicação Institucional do Ipen)



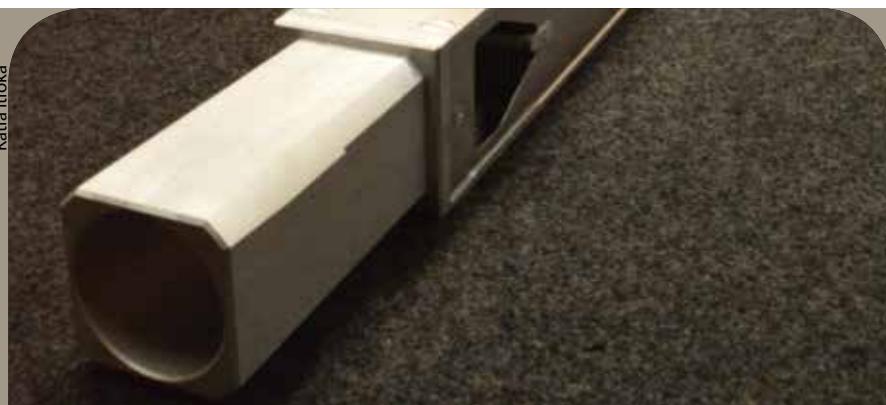
Katia Itroka

Íçamento do núcleo antigo



Katia Itroka

Colocação do novo núcleo



Katia Itroka



Marcello Vitorino





**AMAZUL**

Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A.

## Tecnologia nacional em benefício da sociedade

A Amazul – Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. promove, desenvolve, transfere e mantém tecnologias sensíveis às atividades do Programa Nuclear da Marinha, Programa de Desenvolvimento de Submarinos e Programa Nuclear Brasileiro.

A empresa também participa do Reator Multipropósito Brasileiro, plataforma de pesquisa que produzirá radioisótopos destinados à fabricação de fármacos para o diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer.

Outra área de atuação é a gestão do conhecimento em empreendimentos nucleares.

[www.amazul.gov.br](http://www.amazul.gov.br)

# Amazul cumpre importante papel em prol de programas da Marinha

Bernardo Mendes Barata

Constituída no ano de 2013 para atender à nobre missão de desenvolver e aplicar tecnologias e gerenciar projetos e processos necessários aos programas Nuclear da Marinha, de Desenvolvimento de Submarinos e Nuclear Brasileiro, a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (Amazul) também ajuda, desde aquela época, a evitar o êxodo de profissionais desses setores e a reter o conhecimento em áreas estratégicas para o País.

À frente da empresa desde agosto do mesmo ano, o diretor-presidente Ney Zanella dos Santos, que é vice-almirante da reserva naval, pontuou que o primeiro desafio foi consolidá-la em um contexto marcado pela escassez de recursos e pelo excesso de burocracia e restrições impostas pela legislação que, embora necessárias, impactam na velocidade dos processos.

Os maiores desafios, no entanto, vieram em seguida, quando foi preciso implementar as melhores práticas de governança, de gestão da empresa, de gestão de pessoas e do conhecimento e de gerenciamento de risco. “E também criar condições favoráveis para atrair, reter e capacitar os profissionais, que são o nosso maior ativo”, explicou Ney Zanella, que se qualificou para dirigir a Amazul tendo experiências profissionais, por exemplo, no comando de dois navios e servindo por 12 anos embarcado em submarinos.

A fim de entregar à nação tecnologia nuclear e gestão do conhecimento, bem como profissionais capacitados nas áreas nuclear e de desenvolvimento de submarinos, a Amazul elaborou, desde o início de sua existência, um Plano Estratégico (PEA), na qual se compromete a colocar à disposição do País esses bens intangíveis. A Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. também viabilizou um Plano de Cargos, Remuneração e Carreiras (PCRC) em menos de um ano após sua criação. Além de equiparar os salários de seus profissionais ao nível daqueles praticados no mercado, tal plano estimula os empregados a “abraçar nossa missão e nossos projetos, com visão de longo de prazo, competência e dedicação”, afirmou. E prosseguiu: “Também para valorizar nossos profissionais adotamos um plano de previdência complementar e aderimos a um plano de saúde e assistência social.”

Segundo o diretor-presidente, a Amazul herdou cerca de 1.100 empregados da Empresa Gerencial de Projetos Navais (Emgepron) e, depois de realizar concursos públicos, chegou ao quantitativo atual de cerca de 1.900 empregados, a maior parte deles voltados para as atividades-fim – menos de 200 colaboradores estão destacados em atividades-meio. Esse quadro de pessoal é direcionado em várias frentes, tais como o Programa Nuclear da Marinha (PNM), em projetos desenvolvidos no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e em Iperó, com o duplo objetivo de produzir combustível nuclear e projetar, construir, comissionar, operar e manter reatores que podem ser empregados tanto para a propulsão naval de submarinos, quanto para iluminar uma cidade. “Já dominamos o ciclo de conversão do combustível nuclear e a prioridade do momento é a construção do reator nuclear”, ressaltou Zanella.

Para o Programa de Desenvolvimento de Submarinos, por sua vez, a Amazul estabelece parcerias para desenvolver tecnologias como os sistemas de gerenciamento e de combate da plataforma. Inclusive, uma das iniciativas da empresa é a formação de parcerias e a busca de recursos para viabilizar o desenvolvimento, no Brasil, do motor de ímã permanente, que será usado na propulsão do submarino, mas que poderá ser utilizado também no transporte terrestre, conforme relatou o vice-almirante Ney Zanella.

“A Amazul foi criada para promover, desenvolver, transferir e manter tecnologias sensíveis às atividades do Programa Nuclear da Marinha, do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub) e do Programa Nuclear Brasileiro (PNB). A empresa ainda atua para aumentar o índice de nacionalização do Programa de Desenvolvimento de Submarinos, contribuindo, também, para o fortalecimento da base industrial de defesa”, esclareceu.

Além do submarino com propulsão nuclear, que será o ápice do Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha do Brasil, a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. possui grande importância em outro pilar do programa nuclear nacional: o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB). Junto com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) e a empresa argentina Invap, a Amazul desenvolve o projeto detalhado desse equipamento, que será voltado à pesquisa



e à produção de radioisótopos, insumo usado na fabricação de radiofármacos para diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer. No entendimento do diretor-presidente Ney Zanella dos Santos, “o empreendimento tem um incalculável alcance social, pois atenderá uma grande demanda reprimida e permitirá o atendimento a pacientes em todo o território nacional”. Ele acrescentou que “o Brasil será autossuficiente em radioisótopos e deverá exportar o insumo”.

A despeito de ter apenas cinco anos de existência, a Amazul já se destaca no tocante à gestão e preservação do conhecimento. De acordo com o diretor-presidente, essa é uma ferramenta indispensável em qualquer empresa, porém mais ainda em organizações que lidam com tecnologias complexas e sensíveis e com programas de longo prazo, como a Amazul. Por isso, a instituição criou, em 2017, uma metodologia de gestão do conhecimento voltada à área nuclear. O projeto-piloto foi implantado no ano passado no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, na Unidade de Produção de Hexafluoreto de Urânio (Usex), onde se converte o minério beneficiado de urânio em hexafluoreto de urânio gasoso. Em 2018, o modelo foi replicado em duas outras unidades do CTMSP - Assessoria de Meio Ambiente e Coordenadoria do Programa do Ciclo do Combustível Nuclear.

“A metodologia desenvolvida pela Amazul tem como referências os modelos de gestão do conhecimento para a administração pública brasileira do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e do Empreendimento Modular de Gestão do Conhecimento da Marinha”, salientou Ney Zanella.

Em meio à concorrência com grandes corporações como Claro-Brasil, Serasa Experian, Bayer, Fiat e Bradesco, o projeto-piloto da Amazul recebeu o 17º Prêmio Learning & Performance Brasil 2018/2019, na categoria Referência Nacional. “O prêmio, que reconhece as melhores práticas em aprendizado e performance de empresas, é mais uma evidência do grau de maturidade que a Amazul vem alcançando e também da competência de nossos colaboradores”, comemorou o diretor-presidente da Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A..

A Amazul foi considerada, pelo Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, estatal que cumpre todos os quesitos do Indicador de Governança IG - Sest/Secretaria de Coordenação e Governança das Empresas Estatais. Assim, foi classificada no primeiro nível do IG, junto com 25 das 54 instituições analisadas pelo ministério. Todas as notas obtidas pela Amazul ficaram acima da média nacional. Na nota geral, a Amazul ficou em 21º lugar, com média de 8,1 e acima da média nacional, que foi de 7,0. Em relação ao item gestão, controle e auditoria, a Amazul obteve nota 8,2, quando a média nacional ficou em 7,4. No item transparência das informações, a Amazul também ficou acima da média nacional, com 8,3. “Esse desempenho mostra o grau de maturidade em governança e gestão que a Amazul atingiu em apenas cinco anos”, declarou Ney Zanella dos Santos. “Revela, ainda, o comprometimento de nossos empregados em atender às normas de conformidade e de governança e melhorar os processos em várias áreas que compõem os indicadores.”

Um dos maiores desafios  
foi criar condições favoráveis  
para atrair, reter e capacitar  
os profissionais, que são o  
nosso maior ativo

Ney Zanella



# Tecnologia de enriquecimento de urânio une INB e Marinha

Bernardo Mendes Barata

Executado desde 1979, com o propósito de dominar o ciclo do combustível nuclear e desenvolver, projetar, construir, comissionar, operar e manter submarinos com propulsão nuclear, o Programa Nuclear da Marinha (PNM) conta com a contribuição das Indústrias Nucleares do Brasil (INB), a partir de uma parceria estabelecida em 2000, quando foi celebrado o contrato com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) para implantação da Usina de Enriquecimento Isotópico de Urânio na Fábrica de Combustível Nuclear (FCN), em Resende/RJ.

“Ocorreu uma aproximação da INB com o CTMSP na década de 1990. Naquela época, a Marinha do Brasil, com o apoio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), já havia dominado a tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação e a empresa sabia que o processo de enriquecimento por jato centrífugo, transferido para a INB no âmbito do Acordo Brasil-Alemanha, não apresentaria resultados satisfatórios. Um Grupo de Trabalho Interministerial propôs à Presidência da República a implantação de uma usina de enriquecimento em escala industrial na FCN, visando dar autossuficiência à INB em relação à produção de  $UF_6$  enriquecido para a produção de combustível para as usinas em Angra. O contrato celebrado em 2000 contempla a 1ª Fase do projeto, ou seja, a implantação de dez cascatas de ultracentrífugas. A 2ª Fase, que está sendo negociada neste momento, prevê a instalação de mais 30 cascatas até meados de 2030. Ao final do empreendimento, a empresa terá capacidade instalada para atender à demanda por  $UF_6$  enriquecido, com autossuficiência, das usinas Angra 1, 2 e 3 e, também, do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)”, assinalou o Diretor Técnico de Enriquecimento Isotópico (DTE) da INB, Álvaro Luís de Souza Alves Pinto.

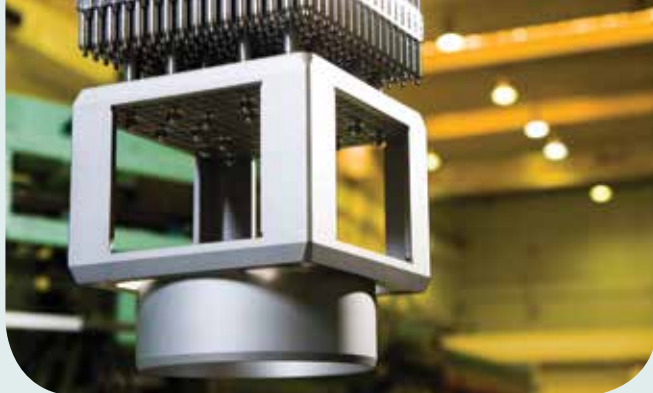
Exercendo o cargo de diretor desde 2 de maio de 2016, com o apoio de um corpo técnico-administrativo de cerca de 80 pessoas, o Contra-Almirante (EN) Álvaro Luís de Souza Alves Pinto é graduado em Engenharia Mecânica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) e tem mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Sua experiência profissional abrange atividades de manutenção e construção naval, com ênfase em sistemas de combate, tendo, também, gerenciado uma Fábrica de Munições que a Marinha do Brasil tem em Campo Grande/RJ. O principal marco de sua gestão na INB foi a inauguração, em 30 de agosto do corrente ano, da Cascata

7 de ultracentrífugas, que apresenta um progresso importante na parceria com o CTMSP, por aumentar em 25% a capacidade de enriquecimento de urânio da FCN.

“Fazendo uma retrospectiva, a Cascata 7 tem uma simbologia formidável, porque representa uma série de resultados melhores que obtivemos até agora. Além disso, por termos concluído a infraestrutura necessária à instalação das Cascatas 8, 9 e 10, estamos em excelentes condições para concluir o empreendimento até 2021”, comentou otimista Álvaro Luís Pinto, lembrando que a contratação, em novembro de 2016, da empreiteira responsável pela conclusão da infraestrutura para montagem das Cascatas 7, 8, 9 e 10 foi fundamental para atingir esse resultado. Segundo ele, cabe ao CTMSP fabricar as ultracentrífugas, fornecer, instalar e comissionar as cascatas. Cabe à INB, a partir de requisitos estabelecidos pelo CTMSP, especificar, contratar e fiscalizar a construção e instalação da infraestrutura necessária para a operação adequada das cascatas de ultracentrífugas. Tudo isso com recursos humanos próprios, em um esforço considerável que tem apresentado resultados excelentes.

As atividades do pessoal da INB são complementares às aquelas executadas no CTMSP. “A INB já angariou, em um período relativamente curto de tempo, considerável experiência na operação, manutenção e segurança que tem pro-





porcionado alta disponibilidade da instalação e tem possibilitado o aumento da produção de urânio enriquecido. Isso acabou contribuindo para a exportação de  $UO_2$  para a Argentina. O CTMSP, como detentor da tecnologia de desenvolvimento e fabricação, dá apoio técnico especializado a partir de solicitações da INB e das informações de acompanhamento fornecidas”, explicou.

A implantação das Cascatas 8, 9 e 10 de ultracentrífugas, que concluirá a 1ª Fase da Usina de Enriquecimento Isotópico de Urânio, está bem encaminhada, tendo em vista que depende exclusivamente da disponibilidade de recursos orçamentários e financeiros. Já foram iniciados os processos de licenciamento nuclear e ambiental visando o início da 2ª Fase, antes do término da implantação da Cascata 10, de modo a ser evitada desmobilização de pessoal. “Esse é nosso planejamento, iniciar a próxima Fase antes de 2021. Demos entrada, na Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), em 2017, e, no Ibama, em 2018, dos documentos necessários aos licenciamentos. Os dois órgãos já estão trabalhando no assunto. Em 2019, deveremos detalhar o projeto visando sua precificação. Há muito a ser feito e o tempo passa rápido”, comentou.

De acordo com Álvaro Luís Pinto, dificuldades recorrentemente enfrentadas pela INB são imprevisibilidade e inconstância orçamentária. Esse investimento, conforme é comprovável, resulta em economia imediata, pela redução da necessidade de contratação de serviços de enriquecimento no exterior. “Essa economia contribui para o esforço visando tornar a INB minimamente dependente do Tesouro Nacional, quiçá independente. Somos a empresa, dentre as 18 estatais dependentes do Tesouro Nacional, com menor índice de dependência (29%). Propusemos ao Ministério do Planejamento que houvesse investimentos na INB de modo a acelerar o processo de ‘emancipação’. Isso poderia servir como um modelo a ser seguido por outras estatais”, argumentou.

Como ocorre em outras organizações do setor nuclear brasileiro, entretanto, a INB também precisa lidar com dificuldades para preservar sua “massa intelectual”. Por isso, tem investido em Gestão de Conhecimento. Recentemente, iniciou tratativas com a Amazul visando incrementar essa área, contemplada dentre os projetos considerados estratégicos pela empresa.

Nesse sentido, Álvaro Luís Pinto reiterou o estabelecimento de uma cultura de operação, manutenção e segurança resultante do treinamento e da experiência do pessoal. “Temos funcionários que foram formados a partir dessa empreitada. A Cascata 1 foi, inicialmente, operada pelo pessoal do CTMSP. Atualmente, fazemos tudo sozinhos. O conhecimento está internado na empresa. Contudo, temos que ampliar a equipe para atender à crescente demanda decorrente do maior número de equipamentos e sistemas em operação e manutenção. Superar as dificuldades, em especial a escassez de recursos, exige o replanejamento constante de atividades e grande esforço pessoal e, por isso, há satisfação muito grande quando conseguimos comissionar mais uma cascata”, explicou.

No tocante ao Programa Nuclear da Marinha, não é possível executá-lo sem obter a autossuficiência. “Não haverá nenhum resultado sustentável se nós não tivermos condições de manter o programa em termos de combustível. Somos, aqui na INB, apenas um pequeno afloramento de um enorme iceberg de atividades e conhecimento a cargo da Marinha do Brasil. O esforço ora realizado pela Força é tremendo e envolve um grande número de especialistas em diferentes áreas”, afirmou, acrescentando que a origem do projeto de enriquecimento de urânio, fruto de uma decisão presidencial, indica sua natureza estratégica e uma clara visão de Estado sobre o assunto.

A parceria da INB com a Marinha não se limita à Usina de Enriquecimento. Há, também, interação em relação a outras áreas do ciclo do combustível nuclear. “O grande e visível resultado é a usina de enriquecimento. Mas, nas outras etapas do ciclo, também existe colaboração. Há constante troca de informações e prestações de serviço, formalizados por contratos específicos”, explicou.

Com relação à retomada da produção de urânio em Caetité, tratada como grande prioridade, Álvaro Luís Pinto a classificou como extremamente estratégica em um contexto que ultrapassa o âmbito da INB. “Sabemos que a mineração de urânio é fundamental tanto para nós quanto para o País. O Programa Nuclear da Marinha precisará do produto dessa atividade de modo a garantir o suprimento de combustível para o reator do submarino à propulsão nuclear”, enfatizou, e lembrou que faz parte do planejamento futuro da INB a implantação de uma Usina de Conversão, para a produção de  $UF_6$  natural na FCN.



# A longa parceria entre Marinha e Nuclep

Bernardo Mendes Barata

Com a missão de atender demandas estratégicas do País, principalmente nas áreas nuclear, de defesa, de petróleo e gás e de geração de outras fontes de energia desde quando foi criada, em meados da década de 1970, a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep) possui uma parceria de sucesso com a Marinha do Brasil e, mais especificamente, com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP).

De acordo com o presidente da Nuclep, o Contra-Almirante da Reserva Carlos Henrique Silva Seixas, o êxito nas relações entre a instituição que comanda e o CTMSP se deve, em parte, porque a Marinha do Brasil acreditou na capacidade dos funcionários da Nuclep e investiu financeiramente, tanto na aquisição de equipamentos quanto no treinamento e especialização de pessoal, inclusive no exterior.

“Diversos funcionários da Nuclep foram realizar cursos na França, patrocinados pela nossa Marinha, com o propósito de atender as demandas futuras que seriam necessárias na fabricação das peças da planta do submarino de propulsão nuclear, como os próprios cascos dos submarinos convencionais”, afirmou Seixas, acrescentando que o diretor do CTMSP, Vice-Almirante (EN) Sydney dos Santos Neves, foi seu companheiro de turma de formação na Marinha. O presidente da Nuclep detém larga experiência nas áreas operativa e administrativa da Força, tendo comandado a Base Naval do Rio de Janeiro, em Mocanguê, que conta com mais de 2 mil homens, pouco antes de ser promovido a Oficial General.

Por sua vez, o diretor Industrial da Nuclep, Marcio Ximenes Virgínio da Silva, efetivado no cargo em julho passado após tê-lo ocupado interinamente em abril deste ano, é mais uma prova da sinergia entre a empresa e a Marinha. Com experiência profissional no Arsenal da instituição no Rio de Janeiro e na Base Naval de Aratu, foi responsável pelo acompanhamento da construção da parte de vante do submarino SBR1 para compreensão do processo produtivo e executou a fiscalização do Contrato de ToT para a construção do submarino classe SBR e a função de adjunto da Gerência de Construção do Submarino Classe SBR atuando como fiscal da Marinha nas instalações da Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (Ufem).

“Sempre trabalhei em estaleiro e com construção naval. Minha primeira experiência na área nuclear foi aqui na Nuclep, onde compreendi as diferenças existentes entre a



caldeiraria pesada em si e a caldeiraria pesada voltada para construção de equipamentos destinados às usinas nucleares e meios navais com propulsão nuclear”, declarou Marcio Ximenes da Silva.

Segundo ele, o grupo técnico da empresa que participou do processo de transferência de tecnologia juntamente com a Marinha e a Itaguaí Construções Navais (ICN) permitiu o emprego da tecnologia no regime *On the Job Training* no sítio de Cherbourg, na França, facilitando a aplicação dessa tecnologia na execução da obra.

No entendimento do diretor Industrial, a despeito do desafio de manter o corpo de empregados da Nuclep treinado e com conhecimento atualizado, considerando a baixa incidência de obras tipicamente nucleares no Brasil, estão em andamento regular, no âmbito da instituição, o vaso do reator e os geradores de vapor destinados ao almejado submarino brasileiro de propulsão nuclear. “São equipamentos de alta complexidade e que possuem requisitos extremamente apertados, mas temos tido sucesso nas fases construtivas e temos perspectivas de entrega dentro do prazo previsto no instrumento contratual”, explicou.

Marcio Ximenes também ressaltou que está em execução a construção de tanques para o Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene), com entrega prevista para 2019, e que os cilindros estão homologados para construção. “Mas, até o momento, não temos encomendas para sua fabricação”, pontuou.

Com experiência na Nuclep primeiramente como diretor administrativo, quando ingressou em julho de 2016, e atualmente como presidente, Carlos Henrique Silva Seixas conhece bem as dificuldades enfrentadas pela Nuclep. Naquela época, conforme frisou, a empresa não pagava os seus fornecedores e corria sério risco de sofrer paralisação no abastecimento de insumos. Contudo, ao lado de sua equipe egressa da Marinha, conseguiu equacionar dívidas, revisitar contratos – reduzindo os valores em cerca de 20% –, diminuir a quantidade de cargos de livre provimento e implantar um plano de aposentadoria voluntária. O desafio principal da instituição, no momento, é prospectar mais serviços não apenas na área nuclear, como também nos setores de construção naval, de petróleo e gás, de defesa e de caldeiraria pesada.

No tocante ao submarino de propulsão nuclear, o presidente Seixas assinalou que, antes do início da construção da embarcação propriamente dita, será testada, no Labgene, em Iperó-SP, a planta do reator nuclear. “Essa etapa está programada para ocorrer em 2021”, disse.

E completou: “Entendo que o Programa de Desenvolvimento dos Submarinos é de grande importância estratégica para o Brasil. Um país que deseja ser grande, quer sentar e discutir com grandes nações, quer ser ouvido e respeitado, tem que possuir uma defesa nacional consistente com seu poder econômico, e nós possuímos uma chamada Amazônia Azul fantástica, com

muito petróleo, além de riquezas incríveis. Portanto, precisamos ter capacidade de patrulhar e defender nossas riquezas, somente isso já justifica a existência de um projeto desta magnitude. Outro fator que considero importante é o arrasto tecnológico que um programa desses traz para o nosso país.”

Para conseguir atender aos projetos dentro do escopo do Programa Nuclear da Marinha (PNM), a Nuclep possui uma equipe de cerca de 100 colaboradores, de acordo com o diretor Marcio Ximenes. “Esse número é flutuante e depende do estágio da obra em cada projeto, envolvendo compradores, engenharia, controle da qualidade e produção”, contou.

Embora a empresa ainda não tenha sido contratada para construir o casco resistente do submarino nuclear, pois está no aguardo da prontificação do projeto, precisa encarar, desde já, o desafio da manutenção da produtividade dentro dos altos padrões necessários, associada ao volume da obra, que é aproximadamente três vezes maior que a de um submarino convencional, impondo um fluxo bem elaborado e utilização racional de todas as máquinas automáticas e as estações de trabalho. “Toda a conjunção das etapas construtivas já foi analisada pela Nuclep, que está apta para implementar as medidas cabíveis de preparação da fábrica para esta construção”, complementou o diretor.

Com relação à parceria com o CT-MSP, que abrange projetos em plane-

jamento e em curso como a construção do casco resistente do submarino nuclear, a construção de equipamentos que fazem parte da planta propulsora do submarino nuclear e, ainda, a construção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), Marcio Ximenes informou que se consolida na medida em que a Nuclep tem sido contratada ao vencer os processos licitatórios e tem atendido as demandas a contento, aumentando a confiança mútua.

“O objeto precípua do Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha (Prosub)”, relatou, “é o submarino de propulsão nuclear, cuja autoridade de projeto é a Marinha do Brasil. O Prosub permite viabilizar a construção deste importante engenho, que permitirá que o Brasil, por meio da Marinha do Brasil, possa aplicar uma estratégia naval adequada às riquezas e à extensão do território que tem como missão defender. O ganho tecnológico promoveu resultados que serão extremamente úteis no desenvolvimento de novos projetos, seja para a própria Marinha, seja para a fabricação para exportação”. Em sua visão, o Prosub trata-se de um divisor de águas no que diz respeito às perspectivas futuras da construção naval no Brasil.

A fabricação de cascos resistentes para quatro submarinos, da classe IKL, que hoje já estão incorporados à frota naval, incluindo assim o Brasil no seleto grupo de países que detém a tecnologia de fabricação deste tipo de embarcação, demonstra que a relação entre Nuclep e Marinha provém antes mesmo do Prosub e, evidentemente, do futuro submarino com propulsão nuclear. Márcio Ximenes enfatizou que o contato tanto com a construção baseada na filosofia alemã (IKL), quanto na francesa (os SBRs do Prosub), proporcionou uma parceria de sucesso entre as duas instituições brasileiras. “Sem dúvida, muito do êxito se deve ao *know how* adquirido pela Nuclep, acostumada a lidar com caldeiraria pesada e requisitos apertados”, finalizou.

A Marinha  
acreditou na  
capacidade dos  
funcionários da  
Nuclep

Contra-almirante Carlos Henrique  
Silva Seixas



# O Projeto Nuclear de Álvaro Alberto

Vera Dantas

“A energia nuclear é um caso único na história da ciência brasileira. Pela primeira vez, o Brasil acompanhou uma revolução científica desde o nascedouro até a sua aplicação nos laboratórios. Os cientistas brasileiros acompanharam cada passo do desenvolvimento daquela que é considerada a mais importante descoberta científica desde o domínio do fogo pelo homem primitivo. E, com certeza, a mais importante do século XX, tanto do ponto de vista energético e tecnológico quanto militar e estratégico. Esta inédita conquista científica brasileira deveu-se, em grande parte, ao almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva.”

A afirmação é do escritor Guilherme Camargo, em seu livro *O Fogo dos Deuses: uma história da energia nuclear: Pandora 600 a.C - 1970* (Contraponto Editora, Rio de Janeiro, 2006). Amparado em ampla documentação, o autor relata a atuação do almirante como representante brasileiro na Comissão de Energia Atômica (CEA) da ONU, à qual presidiu no período 1945-1948, e resgata suas principais iniciativas para o desenvolvimento científico e tecnológico do País. Dentre elas, a criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), o intercâmbio com renomados cientistas internacionais e suas infrutíferas tentativas para a obtenção de um acordo com os EUA que atendesse aos interesses do Brasil pelo acesso à tecnologia nuclear. E, ainda, o golpe sofrido com a apreensão das ultracentrífugas para enriquecimento de urânio adquiridas – e pagas – à Alemanha, em 1954.

A seguir, alguns trechos resumidos do capítulo Álvaro Alberto: o Projeto do Brasil Nuclear:

Álvaro Alberto nasceu em 22 de abril de 1889, no Rio de Janeiro, descendente de imigrantes portugueses da ilha dos Açores. Ingressou na Escola Naval em 1906 e graduou-se em 1910. Com um histórico escolar excelente - ele foi o primeiro lugar de sua turma -, foi agraciado com o prêmio Greenhalgh, a maior honraria concedida pela escola a um aluno.

Sete anos depois, ele encerrou a carreira militar. Voltou à Escola Naval, agora como professor e pesquisador. Escolheu como área de atuação a química de explosivos, pois pretendia dar continuidade às pesquisas sobre a brasilita, desenvolvida pelo pai. Em 1917, ele já havia criado a indústria de explosivos F. Venancio & Cia, que se transformaria, em 1928, na Sociedade Brasileira de Explosivos Super Rupturita S.A. Super Rupturita foi o nome dado ao novo explosivo que desenvolveu a partir das pesquisas com a brasilita. O produto foi considerado à época o estado da arte em explosivos industriais e competia comercialmente com a dinamite das empresas Nobel.

Em 1922, ele fundou a Sociedade Brasileira de Química. Um ano antes, ingressara na Academia Brasileira de Ciências, a qual veio a presidir em 1935. Foi um dos mais jovens presidentes da instituição, com apenas 46 anos de idade. Em agosto de 1945, Álvaro Alberto apresentou à Academia uma proposta para incentivar o estudo da energia nuclear.

Álvaro Alberto considerava vital o intercâmbio científico com os EUA. Tanto é que, ao viajar aos EUA para participar da primeira reunião da Comissão de Energia



Álvaro Alberto em audiência com o presidente Eurico Gaspar Dutra, no Palácio do Catete, discutindo a criação do CNPq Rio de Janeiro

Atômica da ONU, uma de suas primeiras providências foi se encontrar com Bernard Baruch, chefe da delegação americana na CEA, a quem propôs um programa de colaboração, pelo qual o Brasil teria acesso à tecnologia nuclear, em troca do fornecimento de matérias-primas físséis. A proposta incluía o intercâmbio de professores, alunos e cientistas com instituições americanas.

Álvaro Alberto foi escolhido para presidência da CEA, que chefiou por duas vezes, até 1948, quando os trabalhos da Comissão foram suspensos.

A participação na CEA foi um dos principais fatores que levaram a Marinha a promover Álvaro Alberto a contra-almirante, mesmo estando ele na reserva. A promoção especial foi concedida através de uma lei específica, aprovada pelo Senado da República em 1948.

Ao deixar a ONU, Álvaro Alberto se empenhou para a criação do Conselho Nacional de Pesquisas. Em 15 de janeiro de 1951, no ocaso do governo Dutra, o Congresso sancionou a lei



1.310, que criava o CNPq e estabelecia o monopólio estatal da energia atômica no Brasil. Sob a presidência de Álvaro Alberto, o CNPq iniciou formalmente suas atividades em 17 de abril de 1951, já sob o governo de Getúlio Vargas.

O almirante atuou em três frentes: no desenvolvimento de recursos humanos, de recursos minerais e na aquisição de instalações e equipamentos no exterior. Durante sua gestão, foram intensificados os trabalhos de prospecção de urânio.

Álvaro Alberto estimulou a industrialização da monazita, dando melhores condições às empresas do setor. Em outra iniciativa para a produção de minérios radioativos, iniciou a construção de uma província atômica em Poços de Caldas, com o apoio do então governador de Minas Gerais, Juscelino Kubitschek.

### As ultracentrífugas não vieram

Em 1952, Álvaro Alberto convidou para vir ao Brasil alguns técnicos estrangeiros, dentre eles Paul Harteck, ex-reitor da Universidade de Hamburgo e um dos inventores das ultracentrífugas na Alemanha. Harteck emigrara no pós-guerra para os EUA e era professor no Instituto Politécnico de Rennssaeller.

Álvaro Alberto considerava indispensável para o desenvolvimento da energia nuclear no país o domínio da tecnologia de enriquecimento do urânio. Ele soube que os cientistas alemães estavam aperfeiçoando um processo para separar o isótopo 235 mediante a ultracentrifugação do hexafluoreto de urânio. O mais importante é que eles estavam dispostos a fornecer ao Brasil ultracentrífugas semelhantes às que eram utilizadas no processo.

Convencido de que nada se poderia esperar dos EUA na área nuclear, o presidente do CNPq decidiu importar as ultracentrífugas e iniciar um projeto de produção de urânio enriquecido. A aprovação presidencial foi obtida em 25 de novembro de 1953.

Álvaro Alberto começou a negociar a construção de três ultracentrífugas na Alemanha. A negociação foi realizada através dos professores Wilhelm Groth, do Instituto de Físico-Química da Universidade de Bonn, Konrad Beyerle, da Sociedade de Max-Planck Para o Progresso da Ciência, e Otto Hahn, o descobridor da fissão nuclear.

O projeto foi classificado como secreto, e realizado sob o mais absoluto sigilo. Com isso, Álvaro Alberto buscava zelar pela segurança dos cientistas, que estavam trabalhando em uma área vedada pelos Aliados à Alemanha - o país, ainda ocupado, sofria severas restrições no campo das pesquisas nucleares.

O CNPq enviou três químicos à Alemanha, para treinar o manuseio de gases pesados como o hexafluoreto de urânio. O governo do estado do Rio de Janeiro cedeu o local para o laboratório, em Petrópolis. E, em 21 de janeiro de 1954,

o Banco do Brasil depositava US\$ 80 mil no Banco Alemão para a América do Sul, importância destinada ao pagamento do material.

Mas as ultracentrífugas, cujas peças tinham sido produzidas secretamente por 14 diferentes fábricas, não chegaram ao Brasil. Foram apreendidas ainda na Alemanha. A apreensão tinha sido ordenada pelo então governador da Alemanha, o brigadeiro inglês Harvey Smith (a Alemanha era governada na época por quatro países, um a cada mês).

Enviado pelo governo brasileiro à Alemanha, Álvaro Alberto procurou Harvey Smith, que lhe informou que quem pedira a apreensão tinha sido o professor James Conant, alto comissário americano. Álvaro Alberto, então, procurou James Conant, que revelou que o pedido para interditar o embarque do material tinha partido da Comissão de Energia Atômica dos EUA. Só quem poderia determinar a liberação dos equipamentos era o novo presidente da Comissão, Lewis Strauss.

Durante quase as duas semanas em que esteve na Alemanha, Álvaro Alberto foi seguido pela polícia secreta das tropas de ocupação.

Álvaro Alberto seguiu, então, para os EUA, onde, acompanhado do embaixador Walther Moreira Salles, se reuniu com Lewis Strauss. Segundo Renato Archer, cada vez que Álvaro Alberto falava sobre o plano nuclear brasileiro, “ele ria às gargalhadas, dizendo que aquilo era uma mera invenção de cientistas, que nada existia de fato. Ele tratou Álvaro Alberto com o maior desprezo”.

Em 20 de agosto, foi assinado o acordo entre Brasil e EUA para a troca de trigo por monazita.



Visita dos conselheiros e presidente da República, Getúlio Vargas, para solicitar a criação do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Na ocasião, Álvaro Alberto fez uma exposição sobre minérios radioativos encontrados pelo CNPq em MG e o Presidente observa em um contador Geiger o índice de radioatividade

# Como tudo começou

Vera Dantas

O primeiro acordo nuclear do Brasil, assinado em 1945 com os EUA previa que o Brasil forneceria minérios radioativos e, em troca, esperava receber reatores nucleares. Mas isso não aconteceu. “A matéria-prima foi para os Estados Unidos, mas as centrífugas não chegavam ao Brasil. Em função dessa circunstância, as autoridades brasileiras perceberam que as intenções estadunidenses na área nuclear não se sintonizavam com as aspirações brasileiras”, afirma a historiadora Fernanda das Graças Correa, em seu livro “O Projeto do Submarino Nuclear Brasileiro” (Capax Dei Editora, 2010, Rio de Janeiro).

A saída encontrada pelo presidente Getúlio Vargas para acessar a tecnologia nuclear, de acordo com Fernanda Correa, foi buscar sigilosamente outras opções: através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), enviou à França uma missão chefiada por Alexandre Giroto, e outra à Alemanha, tendo à frente o almirante Álvaro Alberto Mota e Silva. Com receio de sofrer retaliações dos EUA, a França não negociou os reatores com Giroto. Já a missão enviada à Alemanha foi bem-sucedida. “Em função de sua antiga amizade com cientistas alemães, o almirante Álvaro Alberto combinou com Wilhelm Groth, chefe do Instituto de Física e Química da Universidade de Bonn, a construção secreta desses reatores. Em 1954, quando esses reatores estavam sendo embarcados no porto de Hamburgo, um destacamento militar inglês os apreendeu”, registra.

O livro descreve as iniciativas do governo militar brasileiro na área nuclear, a partir da década de 1970. “A recusa à assinatura do Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP), já no início do governo Costa e Silva (1968-1969), contrariando as intenções dos Estados Unidos, foi uma manifestação do entendimento de que o domínio da tecnologia nuclear era um elemento chave para a transformação do País em uma potência política, econômica e militar em âmbito mundial”, afirma Fernanda.

Segundo ela, um exemplo do descompromisso dos EUA em relação ao Brasil foi a assinatura, no início da década de 1970, no governo de Emílio Garrastazú Médici (1969-1974), por parte da empresa estadunidense Westinghouse, do contrato de construção de uma usina nuclear em Angra dos Reis. “Ocorre que, desde 1964, o governo americano tinha proibido a Westinghouse de comercializar a sua tecnologia de urânio”, revela.

Para fugir do cerco dos Estados Unidos quanto à política de não-proliferação nuclear, o sucessor de Médici, general Ernesto Geisel, optou por buscar parcerias e contratos estratégicos com a Inglaterra, a França e a Alemanha, países europeus que já dominavam a tecnologia nuclear. “Por estar livre de questões contratuais e por considerar a proximidade com o Brasil uma parceria estratégica, a Alemanha foi a única a se mostrar favorável a transferir tecnologia nuclear para o Brasil”, explica Fernanda.

O acordo Brasil-Alemanha previa a transferência de tecnologia de enriquecimento de urânio. Mas o consórcio Uremco, formado pela Alemanha, Inglaterra e Holanda, que forneceria o urânio enriquecido para o Brasil, não aprovou que se transferisse a tecnologia por ultracentrifugação. Os alemães ofereceram, então, a tecnologia *jet-nozzle*, que desenvolveram. Mas essa tecnologia havia sido demonstrada apenas em escala laboratorial, sem ter sido comprovada comercialmente, nem mesmo na Alemanha.

“Em meados de 1978, o capitão de fragata Othon Luiz Pinheiro da Silva, que regressara dos Estados Unidos com os títulos de engenheiro nuclear e mestre em Engenharia Mecânica pelo MIT, elaborou um relatório propondo criar um projeto para o desenvolvimento de um submarino de propulsão nuclear usando unicamente esforço nacional. Os esforços iniciais se concentrariam no ciclo do combustível nuclear e, logo a seguir, no sistema de propulsão nuclear para submarino. O relatório de Othon foi aprovado em dezembro de 1978”, relata Fernanda.

No mês seguinte, ele foi transferido, em comum acordo pela Marinha e pela Aeronáutica para o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em São José dos Campos (SP), com a finalidade de participar e avaliar o programa de enriquecimento isotópico por laser, que estava sendo lá desenvolvido. Seu relatório, enviado ao Estado Maior da Armada (EMA) ainda naquele ano, conclia que o enriquecimento isotópico a laser não seria viável para os objetivos de produzir urânio enriquecido em grandes quantidades num prazo aproximado de dez anos e que o enriquecimento de urânio por meio de ultracentrifugação era a melhor opção. O projeto de enriquecimento de urânio estava subordinado ao EMA, que deu a autorização para contatar todas as instituições necessárias para viabilizar o projeto de enriquecimento por meio de ultracentrifugação.

“Por ser um empreendimento sigiloso no Brasil e também para a comunidade internacional, e por também contar com

poucas pessoas capacitadas e qualificadas técnico-academicamente, a Marinha realizou o desenvolvimento da tecnologia de ultracentrifugação com um pequeno número de engenheiros de diversas instituições e empresas nacionais”, informa o livro. Uma dessas instituições foi o Ipen.

De acordo com a autora, o Ipen era o único instituto brasileiro na área nuclear não subordinado à Nuclebrás, não estando, portanto, sujeito às salvaguardas internacionais, como eram todas as atividades contempladas no acordo Brasil-Alemanha. O Instituto já vinha há muitos anos desenvolvendo atividades relacionadas com química e metalurgia do urânio e estava conduzindo, com o apoio da Cnen, o Projeto de Conversão de Urânio, Procon, que visava o desenvolvimento de tecnologias do ciclo do combustível nuclear, particularmente a de produção do gás hexafluoreto de urânio.

O Ipen foi fundamental ao projeto nuclear da Marinha. As duas instituições deram continuidade ao projeto de ultracentrifugação. Outro apoio relevante ao projeto de ultracentrifugação, a partir de setembro de 1979, veio do físico civil Rex

Nazaré Alves, então um dos diretores executivos da Cnen. “O projeto de desenvolvimento da ultracentrifuga teve início em fevereiro de 1980, com recursos alocados, à princípio, do orçamento da Marinha. Logo depois, Rex Nazaré Alves assumiu a presidência da Cnen e, a partir daí, o projeto pode contar também com os recursos alocados da Comissão. Em dezembro de 1981 foi concluída a construção da primeira ultracentrifuga, no que foi o primeiro passo concreto do Brasil na produção autônoma de tecnologia nuclear”.

A primeira operação de enriquecimento isotópico de urânio com a ultracentrifuga ocorreu em setembro de 1982 e constituiu-se num grande fato tecnológico. Em setembro de 1984, conseguiu-se a realização da primeira operação de enriquecimento pelo sistema de cascata. Esta operação consistiu em fazer com que o urânio percorresse várias centrífugas, sucessivamente, tornando-o mais enriquecido em cada operação. Tal façanha era um marco para a tecnologia brasileira, pois poucos eram os países que dispunham de tal tecnologia.

## O apoio fundamental de Rex Nazaré

O desenvolvimento da tecnologia nuclear nas décadas de 1970 e 1980 deve-se, em grande parte, ao forte envolvimento de pessoas como o físico Rex Nazaré Alves. Como diretor e, a partir de 1982, como presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), ele se empenhou para viabilizar os recursos financeiros e humanos necessários aos projetos brasileiros.

Rex Nazaré formou-se em 1962 pela antiga Universidade do Estado da Guanabara, hoje Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), e fez pós-graduação em Engenharia Nuclear no Instituto Militar de Engenharia (IME). Em 1968, ao retornar do pós-doutorado na França, foi convocado pelo presidente da Comissão de Energia Nuclear (Cnen), Uriel da Costa Ribeiro, seu ex-professor no IME, para implantar o Laboratório de Dosimetria da instituição, ainda embrionário. Aceitou o desafio, “mesmo sabendo que assumia uma área sem quadros suficientes, equipamentos adequados e nem mesmo instalações físicas”, como declarou em entrevista à edição 17 da Brasil Nuclear (1998). Fez acordos, parcerias e convênios, que possibilitaram a construção da sede e a aquisição dos primeiros equipamentos. Outros equipamentos foram doados ou cedidos para uso por outras instituições. Com isso, o agora Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) pode dar início a trabalhos de medidas ambientais e médicas, e montar a primeira estrutura para metrologia de radiações no Rio de Janeiro.

Em 1975, Nazaré assumiu a diretoria-executiva da Cnen. Naquele mesmo ano, era concretizado o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha. À frente da Cnen, criou um programa nacional de formação de recursos humanos na área nuclear, o Pró-Nuclear.

Em março de 1979, o presidente Ernesto Geisel autorizou o desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio por parte do então Instituto de Pesquisas Atômicas, hoje Ipen, com financiamento da Cnen e do CNPq. Em agosto daquele ano, o sucessor de Geisel, João Figueiredo, convidou Nazaré para participar da estruturação de um programa autônomo de tecnologia nacional, com ênfase na área nuclear. “Era o desenvolvimento de toda a tecnologia que o Brasil precisasse para fins pacíficos. Seus custos eram reduzidos. Envolveríamos nisso todos os órgãos nacionais que pudessem cooperar e todos os competentes pesquisadores e engenheiros brasileiros”, disse ele na entrevista.

Em setembro de 1982, Rex Nazaré assumiu a presidência da Cnen.

Rex Nazaré em palestra na Inac 2017





# É possível fazer tecnologia no Brasil

Cláudio Rodrigues

No início da década de 1970, quando fazia pós doutorado nos EUA, conheci outros dois brasileiros que seriam, mais tarde, protagonistas do início de um projeto ímpar: o já renomado professor Sérgio Porto, na ocasião docente da Universidade do Sul da Califórnia, e o oficial da Aeronáutica, José Albano Amarante. Nas conversas, o professor Porto, especialista na área de utilização de lasers, falava dos seus trabalhos sobre seu uso para separação isotópica, da possibilidade de desenvolver essa tecnologia no Brasil. O que acabou efetivamente acontecendo com o nosso retorno para o Brasil em circunstâncias exatamente similares.

Em 1976, fui designado coordenador da Área de Processos Especiais, uma unidade criada pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) para iniciar, no Instituto, um programa de separação isotópica usando laser em parceria com o projeto que já estava sendo conduzido por Sérgio Porto, então diretor do Instituto de Física da Unicamp e Amarante, que estava no Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA). Nesse projeto, à época, denominado Projeto Sepisla (Separação Isotópica por Laser) participavam cerca de 20 pessoas das três instituições.

Em 1978, a Marinha, que tinha decidido formalmente implantar o programa de propulsão nuclear, passou a integrar esse grupo. Seu representante era o oficial da Marinha Othon Luiz Pereira da Silva. Com essa participação, o grupo começou a trabalhar também em um projeto de utilização de ultracentrífugas para separação isotópica de urânio, que era do interesse da Marinha. Sem abandonar o caminho do laser, que era uma tecnologia ainda em desenvolvimento, iniciamos um projeto voltado para a construção de centrífugas, cuja tecnologia já estava comprovada. Com os recursos aportados pelo governo brasileiro, o projeto cresceu rapidamente e mobilizou muita gente.

No fim dos anos 70, as atividades do projeto das ultracentrífugas brasileiras foi levado para o Ipen, onde passou a ser desenvolvido na área de Processos Especiais, sob a coordenação da Marinha. Na verdade, eram dois projetos em desenvolvimento: o Ciclone, voltado para o desenvolvimento do ciclo do combustível e o enriquecimento de urânio por ultracentrífugas; e o Remo, cujo objetivo era desenvolver um reator nuclear de propulsão nuclear. Em 1982, o projeto foi incluído no Programa Autônomo de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, também chamado Programa Paralelo.

Em 1983, com a participação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), tivemos a primeira experiência de sucesso de separação isotópica de urânio, com a primeira centrífuga totalmente construída no País.



Cláudio Rodrigues (primeiro à esquerda) comemora com pesquisadores do Ipen a criticalidade do reator Ipen/MB-01

Um dos responsáveis por esse e outros êxitos do Programa Autônomo foi o professor Rex Nazaré, que assumiu a presidência da Cnen em 1982. Mas, mesmo antes, ele já era um dos parceiros do programa. Em 1976, como diretor da Cnen, ele autorizou a transferência para o Ipen das centrífugas compradas em 1954, na Alemanha, pelo almirante Álvaro Alberto e que estavam no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – hoje, uma delas está em exposição no Ipen.

Designado pelo diretor do Ipen para realizar a transferência das máquinas, contei, nessa ocasião, com o grande apoio do professor de Química da USP Ivo Jordan. Ele tinha sido, no IPT, o responsável pela instalação e funcionamento das máquinas. Instaladas na área de Processos Especiais do Ipen, as centrífugas, embora fossem muito antigas, feitas em aço comum e com motores da década de 1950, elas permitiram que tomássemos contato com o tipo de equipamento que queríamos desenvolver.

Há uma enorme diferença entre aquelas máquinas e as centrífugas atuais, construídas pelo Centro de Tecnologia da Marinha com base em mais de uma dezena de anos de desenvolvimento, que estão na Indústrias Nucleares do Brasil (INB). A concepção da centrífuga que desenvolvemos é muito diferente daquelas compradas na Alemanha, são outros os materiais, outras tecnologias de controle de motores e de sustentação.

A grande lição aprendida com esse projeto é que é possível fazer tecnologia no Brasil. Conseguimos desenvolver um programa com autonomia. Todos os envolvidos trabalharam fortemente para o seu sucesso. É uma história longa, de vários anos de trabalho ininterrupto, com vários protagonistas, que tornaram possível o desenvolvimento de uma tecnologia que nos permitiu chegar onde chegamos na área do ciclo do combustível nuclear.

Cláudio Rodrigues é diretor-presidente do Centro de Inovação Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec)

**Nossa produção é pesada.  
A função, estratégica.  
O resultado, qualidade.**



A Nuclep tem diferenciais que a qualificam como uma das maiores indústrias de caldeiraria pesada do mundo, com competência de projetar, desenvolver e fabricar componentes relativos à geração de outras fontes de energia, offshore, usinas nucleares, defesa e construção naval.

E nosso maior orgulho é compartilhar essa experiência na construção dos cascos resistentes para o Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha do Brasil.



# Os desafios da construção do protótipo em terra

Leonam Guimarães

Minha ligação com o Programa Nuclear da Marinha data do final de 1986, quando, recém-formado em Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), fui trabalhar na Coordenadoria de Projetos Especiais (Cosp), como engenheiro da seção de Sistemas Navais. O tema da dissertação do meu mestrado em Engenharia Naval, concluído em 1991, foi sobre tendências tecnológicas para projeto de submarinos no futuro.

O PNM era formado por dois grandes empreendimentos: o Projeto Ciclone, voltado para as instalações do ciclo do combustível, e o Projeto Remo, protótipo em terra da instalação propulsora nuclear do submarino. Com a evolução do projeto, começamos a perceber que faltava um elemento integrador no projeto do Remo, para coordenação técnica do desenvolvimento do Protótipo em Terra, instalação com interfaces complexas. Foi criada, então, a figura do gerente de empreendimento.

Fui primeiro gerente do empreendimento que, na época, chamava-se Renap 1 (Reator Nacional de Água Pressurizada). Posteriormente, o nome mudou para Inap (Instalação Nacional de Água Pressurizada) e, alguns anos depois, recebeu seu nome atual, Labgene. Trabalhei alguns anos como integrador, uma função complicada e difícil para um jovem tenente de apenas 30 anos, uma vez que tinha responsabilidade de coordenar as atividades de gerentes mais velhos, mais experientes e com muito mais conhecimento técnico. Não foram poucos os conflitos que tive que administrar.

Em agosto de 1992, fui cursar Engenharia Nuclear na França, onde fiquei dois anos e meio. Retornei em março de 1995 e assumi a gerência do Subprojeto do Circuito Primário do Protótipo, que era responsável pelo projeto e desenvolvimento do sistema de resfriamento do reator e seus equipamentos. Depois de alguns anos, passei a gerente de Projeto do Reator e Circuito Primário e passei a ter responsabilidade também sobre o reator e combustível nuclear. Posteriormente, tornei-me coordenador do Programa de Propulsão Nuclear. Sai do CTMSP em 2005.

## Desafios

Foram vários os desafios enfrentados. Mas o principal desafio foi a desaceleração do ritmo do projeto, a partir de 1995. Cheguei da França no momento em que isso estava acontecendo: a fabricação dos principais equipamentos, como o vaso do reator, as bombas de vapor, pressurizador e válvulas do circuito primário estava paralisada. Tinha, portanto, o desafio de retomar a fabricação desses equipamentos e de recebê-los, prontos. Isso é algo que me causa muita satisfação. Em 2005, quando saí, tínhamos conseguido receber todos os equipamentos principais dos circuitos primário e secundário, à exceção dos geradores de vapor, cuja fabricação estava adiantada.

Um novo problema que surgiu foi a necessidade de preservar e armazenar os equipamentos. A Eletronuclear nos ajudou bastante, na época, transmitindo seu conhecimento em técnicas de preservação.

Além das dificuldades técnicas do projeto, muitos equipamentos nunca tinham sido fabricados no Brasil. Um problema específico ocorreu

com o gerador de vapor, fabricado pela empresa Sulzer. No momento de fazer o revestimento do equipamento, na câmara de água, identificou-se que, em determinada etapa, havia sido utilizado um eletrodo errado para seu revestimento. Era um problema grave, o que exigiu um grande retrabalho para recompor as especificações técnicas originais.

Outro problema foi causado pelo Plano Collor. A Treu, empresa fabricante das bombas de resfriamento do reator, tinha sofrido o confisco de seus recursos e estava às vésperas da falência. O dono, Kurt Treu, temia que os equipamentos entrassem na massa falida e nos alertou para que os tirássemos da lá. Foi feita uma “operação especial” para entrar na empresa, retirar as bombas e levá-las para Aramar.

Outro grande desafio foi reavaliar a configuração do protótipo para reduzir seus custos. Fizemos várias mudanças na configuração, no layout e nas características do protótipo. Foi um esforço muito grande, que durou cerca de três anos, até se consolidar uma configuração que, efetivamente, é a que está sendo construída.

O protótipo era baseado no conceito de dupla contenção. Reconceituamos o projeto, que passou a ter contenção e confinamento, cada uma em um prédio independente: a parte do primário (reator) em um prédio, e a do secundário (turbina) em outro prédio adjacente, como ocorre em uma usina nuclear. Foi uma forma de baixar os custos: o prédio da turbina é menos sofisticado, uma vez que abriga somente a parte convencional da instalação.

Leonam Guimarães é presidente da Eletronuclear



# Com recursos adequados, brasileiros são capazes de conquistar vitórias tecnológicas

José Rubens Maiorino

Em 1973, me formei em Física pela Unicamp e, na procura por oportunidades de trabalho, tive conhecimento que no Ipen, então Instituto de Energia Atômica, um Ph.D. formado no MIT, Roberto Hukay, estava recrutando recém formados das melhores universidades para integrar uma equipe para trabalhar num projeto em cooperação com a General Atomic, para o desenvolvimento dos HTGR (High Temperature Gas Cooled Reactors). Selecionado para o mestrado em Engenharia Nuclear na Escola Politécnica da USP, já em agosto de 1974 era contratado como estagiário. Entretanto, em 1975, com a assinatura do Acordo Brasil-Alemanha, e a opção pelos reatores PWR, o então IEA fica a margem do Programa Nuclear. Roberto Hukay adota como política enviar dezenas de profissionais para o exterior, para tirar o doutoramento e, em final de 1976, após a conclusão de meu mestrado, fui para a North Carolina State University, nos EUA, com uma bolsa do CNPq e mantendo o vínculo empregatício.

No início da década de 1980, vários colegas enviados ao exterior começam a regressar ao país com o título de doutor. Nessa época já havia sido criado o Programa Autônomo de Desenvolvimento Nuclear - por muitos chamado "programa paralelo" -, pela Cnen e os ministérios da Marinha, Aeronáutica e Exército. E a Marinha também se associara ao Ipen no desenvolvimento do enriquecimento isotópico e do reator para a propulsão naval do Submarino Nuclear. Desta forma, fomos convidados para integrar a equipe que iria conceber o reator do protótipo em terra do submarino.

Inicialmente, fiquei com a responsabilidade do projeto da blindagem do reator do protótipo em terra, denominado Renap. Já no início da concepção do Renap, o grupo identificou a necessidade da criação de uma forte infraestrutura experimental, para a validação das metodologias de análise e projeto nas áreas de Física de Reatores e Termo Hidráulica. Destas ideias nascem a concepção de várias instalações experimentais, tais como um circuito termo hidráulico de alta pressão (LOOP 150), e de um Reator de Potência Zero (RPZ), hoje o Reator IPEN/MB-01, que completa 30 anos de entrega à operação. Fui, então, convidado pelo almirante Othon Pinheiro da Silva para ser o gerente de Concepção do RPZ.

Desde sua concepção, em 1983, até a entrega para a operação, em novembro de 1988, nossa equipe de físicos e engenheiros trabalhou com muito entusiasmo e dedicação numa instalação que até hoje tem contribuído para a qualificação de projetos nucleares e referência internacional no fornecimento de dados nucleares. Enfim, a década de 1980 foi para mim a de maior realização profissional, e satisfação pessoal.

Tivemos inúmeras vitórias. Mas, a meu ver, as principais foram a criação de uma excelente infraestrutura experimental e, principalmente, a demonstração que, com recursos adequados, os engenheiros e cientistas brasileiros são capazes de conquistar vitórias tecnológicas.

José Rubens Maiorino é professor da Universidade Federal do ABC

# Da pesquisa básica à produção

Humberto Riella

Ingressei no Ipen em janeiro de 1976, como bolsista e, em março de 1976, fui contratado como engenheiro. Ao retornar do doutorado em fabricação de combustível Nuclear, na Alemanha, o Claudio Rodrigues me convidou para coordenar a fabricação do combustível nuclear em parceria com a Marinha para o reator em projeto IPEN/MB-01. Em 1984, fui nomeado gerente do Combustível Nuclear da Cnen.

Desde então, comecei a organizar um grupo de pesquisadores do Ipen, com apoio financeiro da Marinha para a montagem das unidades no Ipen que iriam produzir todo o combustível nuclear, pastilhas de  $UO_2$  com enriquecimento de 4,3% U-235 pelo processo via úmida, conforme minha experiência na Alemanha. Atualmente a INB produz combustível para Angra 1 e Angra 2 pela mesma rota com tecnologia alemã.

O principal desafio no projeto foi montar as unidades de produção, porque o Ipen até então fazia pesquisa básica. Outro desafio foi treinar e montar a equipe de pesquisadores do Ipen e Marinha. Encontramos vários desafios tecnológicos para trabalhar com urânio enriquecido a 7% U-235, mas resolvemos a contento para atender o projeto. Nossa vitória foi a entrega de 420 kg de pastilhas de  $UO_2$  dentro das especificações de projeto, sem qualquer incidente com os pesquisadores

Este empreendimento fez com que a Cnen, através do Ipen decidisse a produzir também combustíveis nucleares tipo placa para o IEA-R1 e, agora, irá produzir também para o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB).

Acredito que este desafio foi um marco na consolidação do conhecimento na produção de combustível nuclear e, principalmente, na formação de pesquisadores com ênfase em escala de produção no Brasil.

Humberto Riella é colaborador do Centro do Combustível Nuclear

# A falta de continuidade é o nosso maior desafio

José Perrotta

Cursei Engenharia Civil no Instituto Militar de Engenharia (IME), formei-me em 1977, e de 1978 a 1980, fiz mestrado em Engenharia Nuclear na mesma instituição. Minha dissertação de mestrado foi na área do combustível nuclear. Já em 1980, comecei a trabalhar no departamento de Combustível Nuclear de Furnas, onde participei da primeira criticidade do reator de Angra 1, em 1981. Eu estava na equipe que fez a simulação e depois participei ativamente dos primeiros testes físicos de partida de Angra 1.

Em dezembro de 1982, com 29 anos, eu ingressei no Ipen, para o empreendimento que estava começando com a Marinha. Também nessa data, o Ipen, que é uma autarquia estadual, passou a ser gerido pela Cnen. Atuei no Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear, onde fui engenheiro, chefe da seção de Combustível Nuclear e, depois, chefe da divisão de Engenharia do Núcleo até 1995, quando retornei para o Ipen.

O projeto do submarino nuclear era gerenciado pela Marinha, mas o desenvolvimento da tecnologia nuclear era conduzido pelo governo federal, através da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Desenvolvemos o primeiro combustível do reator Labgene, a engenharia do núcleo do reator de potência zero, IPEN/MB-01, e além do projeto dos combustíveis, a sua qualificação e as instalações para testes.

A competência adquirida no projeto do submarino nuclear foi fundamental para o País, já na década 1990, ela nos permitiu ajudar a sanar as falhas apresentadas pelo combustível utilizado na usina nuclear de Angra I. Com nossa tecnologia e conhecimento de combustível, foi possível contribuir para a solução desse problema.

No início, ninguém nos fornecia nada, nem mesmo computadores. Isso nos obrigou a criar tudo que precisávamos: para cada item a ser desenvolvido, era preciso desenvolver sua respectiva infraestrutura. O lado bom disso é que acabamos criando novos itens, que serviram de *spin off* para outras áreas. Um exemplo de *spin off* são os aços especiais desenvolvidos para serem utilizados em vareta combustível.

Os conceitos utilizados no projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) nasceram naquela época. Mas, nesse caso, o RMB não é um *spin off* do projeto da Marinha. Ele é um desenvolvimento natural desse trabalho e da reunião desse grupo de especialistas, a maior parte oriunda do Ipen.

Tínhamos um grupo de pessoas de alta qualificação, alguns vindos de doutorado no exterior, e incorporamos uma garotada jovem, recém-formada em Física e Engenharia. A década de 1980 foi fantástica. Saímos praticamente do nada para ter toda a tecnologia, os protótipos montados e ter feito um reator, instalações de montagem e testes de combustível.

O Brasil sempre viveu de ciclos. E esse sempre foi o nosso grande desafio, uma vez que não permitia a continuidade de recursos humanos. Se, no início do projeto, aumentamos nossas equipes, com as crises econômicas perdemos muito pessoal qualificado. O grupo de quase 40 pessoas foi desfeito. Como cada um fez um caminho diferente, perdemos grande parte dessa tecnologia que tanto lutamos para desenvolver.

Um grupo de quase 40 pessoas foi desfeito. Como cada um fez um caminho diferente, perdemos grande parte dessa tecnologia que tanto lutamos para desenvolver

Por isso é que eu sempre me posiciono para que a Cnen e sua missão sejam preservadas, independente das mudanças de governo. É nela que está o conhecimento, a tecnologia. A Marinha, por exemplo, é uma instituição centenária; as pessoas vêm e vão, mas os objetivos do seu programa nuclear permanecem. Já no MCTIC, ao qual a Cnen está subordinada, a falta de continuidade de gestão (várias mudanças em pouco tempo) e a inexistência de um Programa de Estado de longo prazo deterioraram a capacidade de desenvolvimento e manutenção do conhecimento na área.

Mas, apesar de tudo, valeu muito a pena desenvolvermos tecnologia própria. Estruturamos o país com várias tecnologias (a engenharia do combustível nuclear é uma delas) e formamos pessoas e capacitação técnica especializada no setor.

José Perrotta é coordenador do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

# Indústrias Nucleares do Brasil

há 30 anos investindo no desenvolvimento do País.







IPEN/MB-01  
**30**  
anos  
1988 - 2018



## *Reator Nuclear IPEN/MB-01 – 30 anos*

Concebido por pesquisadores e engenheiros do **IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares** e da **Marinha do Brasil**, o **Reator IPEN/MB-01** é o único com tecnologia genuinamente brasileira. Permite a simulação das características nucleares de um reator de grande porte e viabiliza a realização de cálculos teóricos e medidas experimentais. Nesses 30 anos de operação, ganha novo núcleo com elementos combustíveis do tipo placa, que vai simular a física de nêutrons do núcleo do **RMB - Reator Multipropósito Brasileiro**, empreendimento cuja execução está sob responsabilidade da **CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear**.