



# PROGRAMA NUCLEOELÉTRICO BRASILEIRO UM PROGRAMA-ESCOLA

Luiz Francisco Ferreira

*Coronel de Engenharia R/1. Declarado Aspirante a Oficial, na Escola Militar do Realengo, em setembro de 1942.*

*Possui os cursos da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, da Escola Superior de Guerra, de Informações, e da Escola de Engenharia do Exército dos Estados Unidos em Fort Belvoir (Advanced Course).*

*Foi instrutor na Academia Militar das Agulhas Negras, da ECE-ME e da Missão Militar Brasileira de Instrução no Paraguai. Comandou o Batalhão Escola de Engenharia, foi subdiretor da Escola Nacional de Informações e Chefe de Gabinete do Estado-Maior das Forças Armadas.*

*É presentemente Chefe do Departamento de Administração do Ministério das Minas e Energia e assessor do Ministro para assuntos nucleares.*

## Introdução

Muito já se tem falado e escrito a respeito do Acordo sobre Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear, entre o Brasil e a República Federal da Alemanha, concluído em Bonn, a 27 de junho de 1975, comumente conhecido como o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha.

Evitando repetir o que já é do conhecimento de todos, procurarei abordar o aspecto multiplicador do Acordo, em termos de tecnologia e desenvolvimento do Programa Nucleoelétrico Brasileiro. Entendendo por esse Programa todas as atividades contidas no Protocolo de Cooperação Industrial decorrente do Acordo, e assinado também em Bonn, no mesmo dia 27 de junho, pelos Ministros das Minas e Energia do Brasil e de Pesquisa e Tecnologia da RFA, acrescidas essas atividades de outras que as complementam, além de englobar a construção de Angra 1.

Este Programa, que se deve estender por 15 anos, é o que nós poderíamos chamar de um Programa-Escola.

## Antecedentes

Como surgiu este Programa?

Vamos nos remontar à história de Angra I.

Em 1968, a Central Elétrica de Furnas SA, hoje FURNAS Centrais Elétricas SA, recebeu delegação de responsabilidade para construir a primeira usina nuclear brasileira.

Dado o caráter pioneiro do empreendimento no País e a natureza inédita da maioria dos problemas relacionados com essa tarefa, FURNAS procurou assessorar-se convenientemente, valendo-se da experiência de empresas de eletricidade de outros países, que já haviam enfrentado problemas similares. Assim, para assessoria técnica durante a fase inicial, contratou os serviços de uma firma de consultoria especializada em assuntos nucleares, de reputação internacional, a "NUS — Nuclear Utility Services Corp", dos Estados Unidos da América, que por sua vez se associou, para fins de engenharia convencional e apoio técnico local, à firma "SELE-TEC — Serviços Eletrotécnicos Ltda.", do Rio de Janeiro.

Procedeu-se à escolha do local da usina e em junho de 1970 foram expedidos convites para concorrência de fornecimento de equipamento a 7 fabricantes pré-selecionados.

Foi solicitado aos concorrentes que apresentassem proposta global, abrangendo o fornecimento do equipamento completo da usina (tanto na parte nuclear como na convencional), a montagem de todo o equipamento fornecido, a fabricação do combustível, a supervisão técnica dos ensaios e de todas as operações necessárias à colocação da usina em pleno funcionamento, bem como assistência a FURNAS para treinamento do pessoal destinado à operação. Foi explicitamente excluída da solicitação das propostas a execução de todas as obras civis, tanto do edifício da usina propriamente dita como dos edifícios dos serviços auxiliares, bem como o fornecimento do envoltório de aço de contenção do reator.

Por essa razão, essa concorrência não foi do tipo clássico de "turn-key" ("caixa preta", chave na mão) na qual a responsabilidade integral do empreendimento repousa sobre um único proponente, que recebe o terreno limpo e entrega as chaves à empresa proprietária, na acepção literal do termo. Acresce ainda que os fornecedores foram incentivados a dividir com a indústria nacional, na medida do possível, a fabricação de componentes, bem como a dar participação, nos serviços dessa natureza, a firmas de montagem e engenharia nacionais.

Como o projeto de uma usina nuclear está intimamente ligado ao tipo de equipamento a ser fornecido, é prática quase generalizada atribuir-se ao fabricante a responsabilidade da elaboração do projeto e detalhamento da usina, tanto na parte nuclear como na parte térmica, o que ocorreu em Angra I.

As propostas foram apresentadas em janeiro de 1971, tendo comparecido 5 dos 7 fabricantes pré-selecionados, a saber:

Fabricante	País	Tipo de Reator	
General Electric	EUA	Água leve fervente	(BWR)
Kraftwerk Union (AEG)	RFA	Água leve fervente	(BWR)
Kraftwerk Union (Siemens)	RFA	Água leve pressurizada	(PWR)
The Nuclear Power Group	Inglaterra	Água leve fervente moderado a água pesada	(SGHWR)
Westinghouse	EUA	Água leve pressurizada	(PWR)

Em maio de 1971 foi aprovado o resultado da concorrência sendo escolhida a Westinghouse. Entre outros fatores, sua proposta era a que melhor contemplava a participação de indústria nacional no fornecimento de componentes da usina. A Westinghouse associou-se, para fins de montagem, à Empresa Brasileira de Engenharia (EBE) e, de projeto, às firmas Gibbs & Hill, Inc., de Nova York, e Promon Engenharia S. A. do Brasil.

Quatro meses depois foi realizada a concorrência entre construtoras nacionais para a execução das obras civis da usina.

### O Programa

No Governo do Presidente Médici, foi estabelecido um grupo de trabalho sob a coordenação geral da ELETROBRÁS, para a elaboração de um plano de atendimento de energia elétrica às regiões sul/sudeste do País.

Os resultados desse estudo indicaram, até 1990, uma carência de 10.000 MW que deveria ser suprida por usinas nucleares, o que representava a construção e operação de mais 8 usinas de 1.200 MWe, até aquele ano.

A decisão de construir Angra I, bem como seu início de construção, teve o mérito de nos alertar para a problemática envolvida em um programa nucleoelétrico e, com isto, nos permitiu identificar as dificuldades com que iríamos nos defrontar.

Desde muito tempo o Brasil vem formando e aperfeiçoando cientistas — o átomo já não tem muitos mistérios para nós — mas a tarefa Angra I e a necessidade de enfrentar um programa muito maior deram-nos o sentimento do hiato existente entre o *que fazer* e o *como fazer*, isto é, entre a ciência e a tecnologia, entre a Universidade e a Indústria.

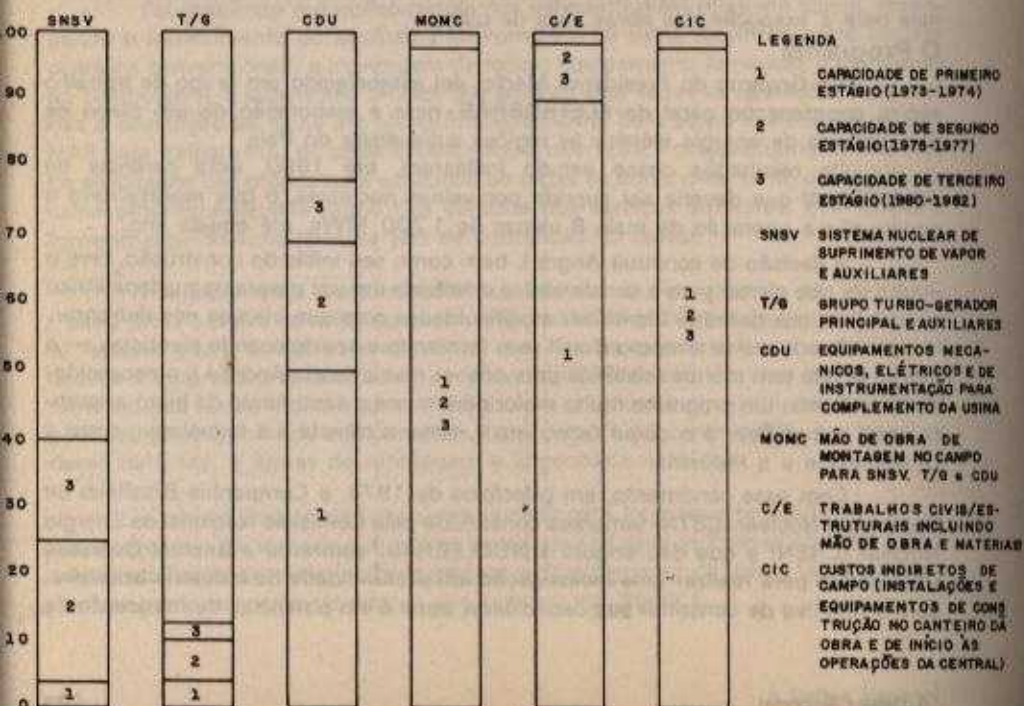
Com esse sentimento, em princípios de 1973, a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) (empresa constituída pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e que deu origem à NUCLEBRÁS) contratou a Bechtel Overseas Corporation para realizar uma investigação em profundidade da indústria brasileira, com o objetivo de constatar sua capacidade, atual e em potencial, de fabricação de

componentes para centrais nucleares à base de reatores a água leve pressurizada. Para isso, entre outras providências, foi:

- elaborada uma Enciclopédia de Componentes contendo descrições técnicas de 1.464 componentes de uma usina nuclear típica, moderna, de 1.000 MWe;
- desencadeada uma extensa pesquisa dos processos mais avançados e da maquinaria mais moderna empregados na fabricação de componentes nucleares;
- efetuado pela Montor, associada brasileira da Bechtel, um estudo de firmas industriais brasileiras, visando a identificar candidatos, em potencial, à fabricação de componentes para centrais nucleares (após um meticuloso processo de seleção, foi identificado um grupo representativo de 79 firmas para o programa de inspeção);
- realizada a inspeção das 79 firmas em apreço, por cinco equipes de engenheiros e inspetores qualificados, pertencentes aos quadros da CBTN, Bechtel e Montor, as quais utilizaram questionários e instruções de inspeção especificamente formulados para esse fim.

Essa investigação produziu uma série de conclusões e recomendações. As principais deficiências encontradas foram nos setores de ensaios, tratamento térmico, usinagem pesada, tratamento de superfícies, capacidade de projeto, experiência com materiais especiais e práticas de garantia e controle de qualidade.

O gráfico abaixo mostra sinteticamente o resultado desse levantamento, em termos de capacidade brasileira, em potencial, àquela época.



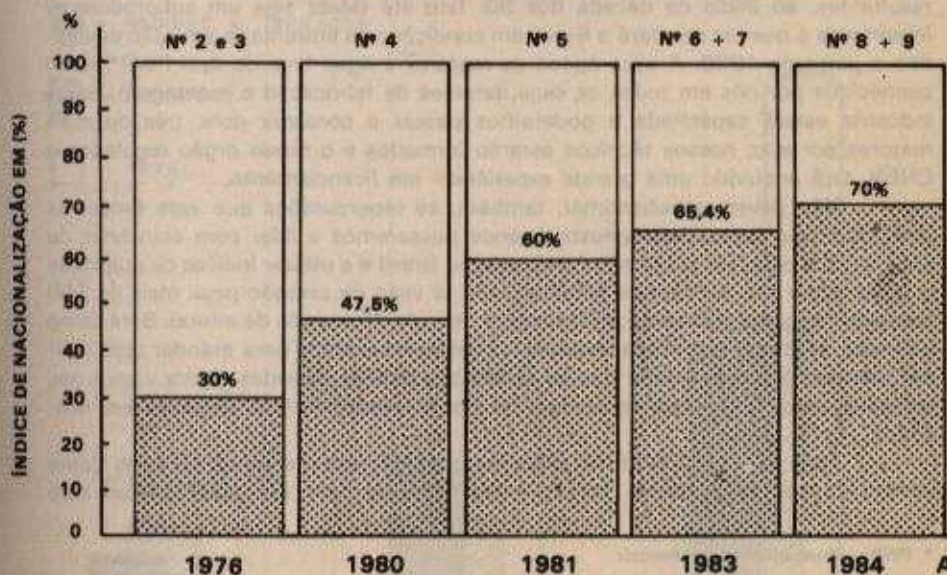
## A Cooperação Externa

Pelo exposto vemos que, quando fomos procurar um parceiro externo para empreender o programa de 8 usinas, já tínhamos consciência de nossas deficiências e de como superá-las ao longo do tempo. Sabíamos que esse programa deveria contemplar um processo gradual e contínuo na introdução da nova tecnologia, de modo que ela pudesse se compatibilizar com as potencialidades do País no campo econômico-financeiro, com as possibilidades de nossa indústria e com a infra-estrutura empresarial existente e, sobretudo, com o pessoal qualificado para a execução do processo de implantação.

Queríamos, ainda, adquirir autonomia em matéria de combustível nuclear e assim implantar indústrias que contemplassem todo o ciclo desse combustível, o que de certa forma também influíu no escalonamento cronológico da construção das usinas.

Os parceiros escolhidos foram os alemães, por melhor se adaptarem às nossas premissas. Daí, nasceu o Acordo Brasil-RFA, onde a transferência de tecnologia foi adequadamente equacionada a ponto de, nas negociações do Protocolo de Cooperação Industrial, já ficarem estabelecidos os índices mínimos de nacionalização para as diferentes usinas do Programa, como consta no quadro a seguir:

### PROGRAMA CRESCENTE DE FABRICAÇÃO DE COMPONENTES DE CENTRAIS NUCLEARES NO PAÍS TODOS COMPONENTES DA CENTRAL (METAS MÍNIMAS DE NACIONALIZAÇÃO)



Essas metas mínimas de nacionalização, que representam o limite curto, já foram reavaliadas em maio de 1977, sendo atualmente as seguintes:

Nº 2 e 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6 e 7	Nº 8 e 9
36,3%	57%	72,6%	79,7%	85%

Paralelamente o Governo criou, em julho de 1976, o Pronuclear, um programa que dará a infra-estrutura de recursos humanos necessária ao cumprimento da tarefa e que prevê a formação no período 1976/1985 de mais de 4.000 profissionais de nível superior e de cerca de 5.600 de nível médio, perfazendo um total em torno de 10.000 técnicos.

### Importância e Oportunidade do Programa

Ora, com as fontes primárias de energia de que dispomos, sua previsão de aproveitamento e o nível atual de conhecimento, a energia nuclear é a única, de porte, disponível para complementar a produção necessária de energia prevista até o fim do século.

Temos um elevado potencial hidráulico, estimado em todo o País em cerca de 150.000 MW, do qual cerca de 50% situa-se na Amazônia, distante mais de 2.000 quilômetros, em média, dos principais centros de consumo. Supondo todo esse potencial utilizado, prevê-se que o mesmo estará esgotado ao fim do século. Acrescente-se a isto, que um sistema confiável não deve se basear exclusivamente em usinas hidrelétricas, ainda mais em um montante como este que está sendo considerado. A recente seca, ocorrida este ano, nos Estados do Sul do País, reforça esta argumentação.

A grande virtude do Programa Nucleoelétrico não é tanto os 10.000 MWe resultantes, ao início da década dos 90. Isto até talvez seja um subproduto. O importante é que ele colocará o Brasil em condições de enfrentar a situação energética a partir de 1990. A essa época os reatores a água leve do tipo PWR\* serão conhecidos por nós em todos os seus detalhes de fabricação e montagem; nossa indústria estará capacitada e poderemos passar a construir dois, três ou mais reatores por ano; nossos técnicos estarão formados e o nosso órgão regulador, a CNEN, terá adquirido uma grande experiência em licenciamento.

Não devemos subestimar, também, as repercussões que este Programa terá em nossa capacidade industrial, onde passaremos a lidar com estruturas de dimensões e peso até então não fabricadas no Brasil e a utilizar índices de qualidade com os quais não estávamos familiarizados (o vaso de pressão pesa mais de 500 toneladas e os trocadores de calor medem mais de 20 metros de altura). Será como um novo despertar em nossa indústria: primeiro crescemos para atender com rapidez um mercado consumidor que se expandia a índices elevados, agora vamos nos sofisticar, adquirindo uma tecnologia de ponta, extremamente exigente em qualidade.

Todo esse progresso não pode ser adquirido em menos de 15 anos. Como vemos, os resultados desse Programa não são para hoje. Ele deve frutificar com

\* PWR — Pressurised Water Reactor

toda pujança na década de 90 e, até lá, tem a vantagem ainda de nos fornecer alguns milhões de quilowatts de potência.

Por isto, não tem sentido dizer-se que devíamos esperar um pouco, pois ainda temos um grande potencial hidráulico. Uma indústria não se prepara de uma hora para outra e habilidades e conhecimentos não se adquirem num salto. Não seria possível à indústria, sem adequada preparação, passar a fabricar, a partir de 1990, de 6 a 7 unidades por ano, se nada fosse executado antes. Onde estaria o pessoal qualificado? Onde estaria a estrutura necessária?

Outra crítica comum ao Programa é de que nós não temos urânio. Pois bem, nós já temos urânio suficiente para suprir, por toda a vida, 10 reatores de 1.300 MWe, e o crescimento de nossos recursos, com a intensificação da pesquisa nos últimos anos, tem sido gratificante, o que nos deixa muito otimistas quanto ao futuro. O gráfico a seguir mostra esse crescimento.

Por outro lado, mesmo que não tivéssemos urânio — que não é o nosso caso — qual seria uma outra solução para a década dos 90? A Alemanha Ocidental não dispõe de urânio e já tem 11 reatores em produção e prevê para 1985 uma

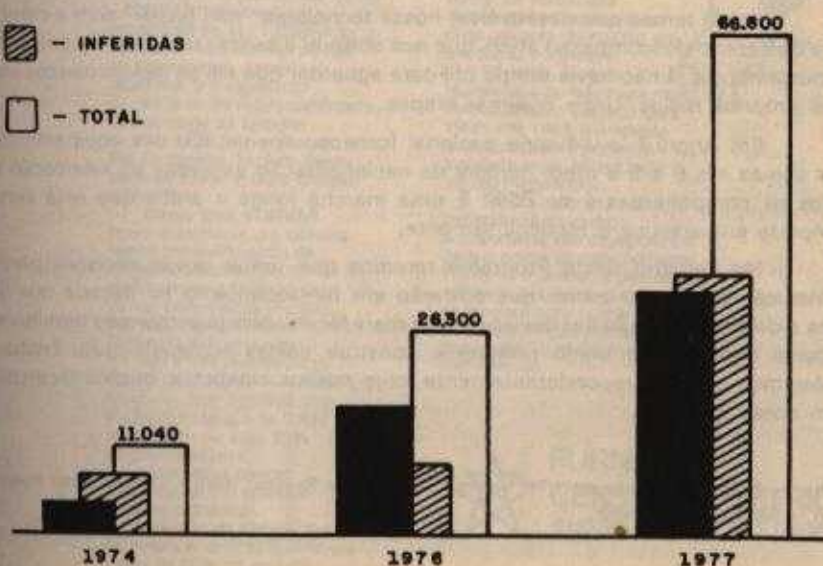
## RESERVAS DE URÂNIO

TONELADAS DE  $U_3O_8$

■ - MEDIDAS E INDICADAS

▨ - INFERIDAS

□ - TOTAL



capacidade nuclear instalada de 24.000 MWe. O mesmo acontece com o Japão que planeja para aquele mesmo ano uma capacidade nuclear de 35.000 a 49.000 MWe.

Há ainda os que dizem que o reator tipo PWR ficará obsoleto em pouco tempo. Pois bem, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em setembro de 1974, estimou que o mundo terá no ano 2000 uma capacidade nuclear instalada provável de 3.600.000 MWe, podendo atingir a cifra de 5.300.000 MWe. Excluindo os países socialistas, essa capacidade provável fica reduzida a 2.960.000 MWe, dos quais 60% do tipo água leve (LWR), 29% regeneradores (FBR), 7% de alta temperatura (HTR), 3,5% de água pesada (HWR) e 0,5% de outros tipos. Dos LWR, prevê que 60% sejam a água pressurizada do tipo Angra (PWR) e 40% do tipo água fervente (BWR).\*

## Conclusão

É certo que os reatores atualmente em uso, com exceção dos FBR que ainda estão em fase de desenvolvimento, são grandes consumidores de urânio, combustível de existência limitada no mundo, e que se estima estejam superados a partir da segunda década do próximo século. Contudo, é certo também que, até hoje, o mundo não apresentou nada melhor para vencer o espaço de tempo, de energia escassa, que nos separa da época em que serão usuais os reatores a fusão ou o tão sonhado uso do hidrogênio como fonte energética. Fazendo isso, esses reatores terão cumprido a sua missão e terão dado à humanidade essa folga tão necessária entre a exaustão do petróleo e dos potenciais hidráulicos e as novas fontes que se espera estejam em uso no primeiro quarto do próximo século: as fontes praticamente inexauríveis.

Até lá temos que desenvolver nossa tecnologia "pari passu" com a ciência, para desfazer o descompasso atual, que nos obrigou a buscar um sócio na empreitada nuclear, pois já não havia tempo útil para aguardar que ela se desenvolvesse com seus próprios meios. Urgia queimar etapas.

Em Angra I, a indústria nacional forneceu apenas 8% dos equipamentos. Nas usinas nºs 8 e 9 a meta mínima de nacionalização esperada na fabricação de todos os componentes é de 85%. É uma marcha longa e árdua que está sendo cumprida entusiástica e meticulosamente.

No decorrer deste Programa teremos que tomar novas decisões para a construção de outras usinas que entrarão em funcionamento na década dos 90, após a de nº 9. Deverão ser decisões bem mais fáceis, pois já estaremos terminando o curso intensivo de como projetar e construir usinas nucleoelétricas. Então já poderemos contar, preponderantemente, com nossos cientistas, nossos técnicos e com nossa indústria.

\* FBR — Fast Breeder Reactor; HTR — High Temperature Reactor; HWR — Heavy Water Reactor; BWR — Boiling Water Reactor.