



ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA
CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS

Cadernos de
Estudos
Estratégicos



2007/Nº 08

Cadernos de
Estudos Estratégicos

Energia Nuclear no Brasil
FATORES INTERNOS E PRESSÕES EXTERNAS

Prof. Gerardo José de Pontes Saraiva

Cel (Rfm) do Exército, do Quadro de Engenheiros, Mestre em Engenharia Civil e
Doutor em Ciências (COPPE / UFRJ), de onde é Professor (colaborador).

Atualmente é Assessor do CEE – Centro de Estudos Estratégicos da Escola Superior de Guerra.

ISSN 1808-947X



9 771808 947002

Agosto - 2007

Cadernos de Estudos Estratégicos

O “Caderno de Estudos Estratégicos” é uma publicação do Centro de Estudos Estratégicos da Escola Superior de Guerra. Com tiragem de 500 exemplares, tem circulação de caráter nacional e internacional.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, salvo com autorização, por escrito, do Centro de Estudos Estratégicos - CEE

Impresso no Brasil/Printed in Brazil

Cadernos de Estudos Estratégicos. Centro de Estudos Estratégicos da Escola Superior de Guerra (Brasil) - N. 07 (jul 2007) - Rio de Janeiro: CEE - ESG, 2007 - p. v.; 21cm

274 p.

ISSN 1808-947X - Cadernos de Estudos Estratégicos

1. Cultura. 2. Relações Internacionais. 3. Modernidade. 4. Axiologia. 5. Praxiologia. 6. Polemologia. 7. Cratologia. 8. Segurança.

Comandante e Diretor de Estudos
Alte Esq José Antonio de Castro Leal

Coordenador do Centro de Estudos Estratégicos
CMG (RM1) Caetano Tepedino Martins

Esta publicação está disponível na INTERNET, no link “Publicações” do site da Escola Superior de Guerra: www.esg.br

Agosto - 2007

Agradecimento

*Ao Exmo. Sr. Almirante Alan Paes Leme Arthou,
Diretor de Engenharia da Marinha,
pelas observações e complementações, sempre oportunas.*

*Este agradecimento é extensivo ao
Eng^o Simon Rosental, da Escola Superior de Guerra.*

Sumário

Prefácio	1
Prólogo	3
Introdução	9
1 - Fontes de energia	9
2 - Energia nuclear	11
2.1 - <i>Conceito</i>	11
2.2 - <i>O Átomo: muita discussão em torno de uma hipótese</i>	11
2.3 - <i>Utilidades da energia nuclear</i>	12
2.4 - <i>Urânio: o combustível nuclear</i>	13
2.4.1 - <i>Muitas maneiras de enriquecer o urânio</i>	15
2.5 - <i>Plutônio</i>	16
2.6 - <i>Os reatores</i>	17
2.6.1 - <i>Reatores à água comum</i>	18
2.6.2 - <i>A água pesada: emprego problemático</i>	19
2.7 - <i>O ciclo do combustível</i>	20
2.8 - <i>Os anos da CNEN</i>	24
3 - Situação atual e perspectivas da energia nuclear	25
3.1 - <i>Situação da energia nuclear no mundo</i>	25
3.1.1 - <i>A nova investida da indústria nuclear</i>	29
3.2 - <i>Energia nuclear no Brasil</i>	35
3.2.1 - <i>Criação do CNPq</i>	35
3.2.1.1 - <i>O Almirante nacionalista</i>	35
3.2.2 - <i>Migalhas dos Estados Unidos</i>	38
3.2.3 - <i>Os passos em direção à construção de usinas</i>	38
3.2.4 - <i>A caminho do acordo com a Alemanha</i>	40
3.2.5 - <i>Novas pressões Americanas</i>	40
3.2.6 - <i>Acordo com a Alemanha</i>	42
3.2.7 - <i>Um período sem decisão política</i>	43

3.2.8	- O programa nuclear paralelo — um novo almirante em cena	46
3.2.9	- A unificação dos programas	47
3.2.10	- A decisão sobre Angra III	50
3.2.11	- Angra III: dúvidas levantadas quanto à sua decisão	53
3.3	- Aceitação pública da energia nuclear	57
3.4	- Privatização do setor elétrico e do setor nuclear	61
3.5	- Razão da cisão nuclear	62
3.6	- Um novo cenário no Brasil ?	63
3.7	- Fontes de energia	66
3.7.1	- Contexto histórico	66
3.7.2	- Energia: conceito	67
3.7.3	- Classificação das fontes de energia	68
3.8	- Fontes de energia no Brasil	75
3.8.1	- O Cenário energético brasileiro	85
3.9	- Reflexão	88
3.10	- A política nuclear brasileira	89
3.11	- Arquivo energético	98
3.12	- Grandes acidentes	100
3.13	- Comunicação e meio ambiente	102
4	- Acordo nuclear Brasil-Alemanha	104
4.1	- Cancelamento do acordo	106
5	- Contribuição de personalidades ilustres	110
5.1	- Cesar Lattes: o Início	110
5.2	- Álvaro Alberto – o Almirante Nacionalista	119
5.2.1	- Fatos paralelos: migalhas dos Estados Unidos	123
5.3	- Mais um almirante na história: Othon Luiz Pinheiro da Silva ...	125
5.3.1	- Outros aspectos: por quê pressionam os americanos ...	128
5.4	- General Ernesto Geisel	135
6	- Enriquecimento do urânio	137
6.1	- Urânio enriquecido: Brasil rompe mais uma barreira	137

6.2	- <i>Interesses alienígenas</i>	142
6.3	- <i>Polêmicas causadas por inspeções internacionais</i>	150
7	- Energia nuclear e desarmamento	162
8	- Energia nuclear e meio ambiente	166
8.1	- <i>Lixo radioativo</i>	168
8.2	- <i>Lixo atômico</i>	169
9	- TNP: Tratado de Não-Proliferação	170
9.1	- <i>Aditivo ao tratado de não-proliferação</i>	174
10	- Pressões externas	180
10.1	- <i>Energia nuclear: pressão Norte-Americana é artificial e provocadora</i>	180
10.2	- <i>Brasil enfrenta pressão – restrição de acesso visual às ultracentrifugas</i>	183
10.3	- <i>Powell quer mais acesso de inspetores nucleares no Brasil</i>	189
10.4	- <i>Cooperação</i>	190
10.5	- <i>Bomba: ter ou não ter</i>	190
10.6	- <i>O Brasil e o protocolo adicional ao acordo de salvaguarda</i>	191
10.7	- <i>Informações sobre as salvaguardas nucleares e o protocolo adicional</i>	196
10.8	- <i>Algumas siglas e definições</i>	198
10.9	- <i>Nota sobre o processo de inspeção adotado pela ABACC e AEIA nas instalações de enriquecimento no Brasil com painéis que encobrem as centrífugas</i>	199
11	- Usinas nucleares	200
11.1	- <i>A satisfação de quem ajudou a viabilizar a obra</i>	200
11.2	- <i>A voz da experiência</i>	202
11.3	- <i>O Brasil tem competência para construir Angra III, sozinho</i>	209
11.4	- <i>Angra III: agora ou nunca</i>	216
12	- Submarino nuclear	222
12.1	- <i>Programa nuclear da Marinha</i>	222

12.1.1 - Submarino nuclear	223
12.1.2 - Uma longa história	224
12.2 - Submarino de propulsão nuclear	226
12.2.1 - Precisamos de submarinos nucleares?	226
12.2.2 - O submarino e seu emprego para quê submarino?	227
12.2.3 - Por quê nuclear?	229
12.2.4 - Como se insere o Brasil nesse problema? – a dimensão estratégica	232
12.2.5 - O tratado de Tlatelolco, a Zona de Paz e a bomba	236
12.2.6 - Um pouco mais de história	237
Conclusão	256
Referências	264

Prefácio

À GUISA DE ESCLARECIMENTO

A abordagem de um tema de ciência e tecnologia não se pode subscrever e bastar no âmbito exclusivo da ciência de núcleo duro, regida por leis necessárias e universais que dão aval ao seu processo epistemológico. Não no nosso tempo. Não na sociedade complexa que fazemos e que nos faz.

Nos dias que habitamos é impossível desprezar um contexto sócio-ético-político que mais que reclamar nossas pesquisas e reflexões científicas, se faz, isso sim, matriz de significados, que os produtos e desdobramentos desta pesquisa traz inexoravelmente consigo.

Imaginar uma pesquisa teórica ou empírico-factual sem a consideração da realidade humana de seu entorno cultural é admitir uma isenção de pensamento e um grau zero de cultura incompatível com nós outros, seres humanos dotados e atravessados por interdiscursos, leituras prévias e um processo de socialização, que dão direito a nossa racionalidade e, mais que tudo, fazem de nosso pensamento, a um só tempo, o pai e o filho de seu tempo.

Estaremos aqui, por tudo isso, articulando uma pesquisa dessa ciência dura com os vagares intelectuais das questões fundamentais de nossa reflexão, dos cismares de nossas noções essenciais de bem e de mal.

Este trabalho é endereçado à sociedade civil (políticos, cientistas, militares, professores, industriais, funcionários, a opinião pública em geral). Considerando-se que esse público-alvo não está, necessariamente, familiarizado com o linguajar técnico, foi utilizado um vocabulário moderadamente especializado.

Prof. Gerardo José de Pontes Saraiva

Prólogo

O fenômeno da radioatividade foi descoberto pelo físico francês Henri Becquerel em 1896, quando verificou que sais de urânio emitiam radiação semelhante à dos raios-X, impressionando chapas fotográficas e concluiu que, se um átomo tiver seu núcleo muito energético, ele tenderá a estabilizar-se, emitindo o excesso de energia na forma de partículas e ondas.

Julgamos oportuno, ao iniciar este trabalho, versando sobre Energia Nuclear, fazer um histórico da descoberta da radioatividade por Antoine Henri Becquerel e as circunstâncias em que ele a descobriu.

O dia 26 de fevereiro de 1896 amanhece encoberto em Paris. Seria impossível esconder o desapontamento, e só restava guardar o material, à espera de um dia de sol. De fato, a presença da luz solar é condição indispensável para levar a termo a experiência que Henri Becquerel quer realizar.

Talvez o dia seguinte traga o Sol tão esperado. Mas não: o céu continua desanimadoramente cinzento, recusando-se a colaborar. E a Becquerel não resta outro recurso senão esperar pacientemente. Somente a 1º de março ele, enfim, reaparece.

Por incrível que pareça, o mau tempo será justamente um colaborador decisivo na grande descoberta do físico francês: a radioatividade.

Antoine Henri Becquerel descende de uma família tradicional de físicos e químicos franceses. Seu avô, Antoine César Becquerel, nascido em Châtillon sur Loing (1788), é conhecido pelos trabalhos realizados no campo da eletroquímica. Após completar os estudos na Escola Politécnica de Paris, serve o exército de 1808 a 1814. Oficial de fortificações, tem ocasião de aplicar seus conhecimentos de engenharia. Mas seu amor pela ciência pura é mais forte. Em 1814 deixa as armas para se dedicar somente à pesquisa

científica. Trabalha com físicos célebres, como Ampère e Biot, mestres do eletromagnetismo na época. Torna-se membro da Academia Francesa de Ciências e, em 1837, é homenageado pelos trabalhos sobre eletricidade. Morre em 18 de janeiro de 1878, em Paris, onde desde 1837 ocupou o cargo de professor de física no Museu de História Natural.

Sómente no século XIX, graças ao progresso científico da época, foi possível conhecer a complexa estrutura do átomo e a sua divisibilidade. Antes disso, o átomo era mais um conceito filosófico do que uma realidade científica. O próprio nome átomo — que etimologicamente significa indivisível (do grego a = não; tomos = parte) — com o desenvolvimento científico acabou por se revelar impróprio.

O átomo continuou sendo objeto de especulação filosófica até a metade do século XVIII, quando ingressou no campo mais real da química. Finalmente, no século XIX, foi definido seu conceito científico: a menor partícula de um elemento, que dêle conserva as propriedades e permanece inalterado nas reações químicas. Apesar de ter sido provada sua divisibilidade, os cientistas modernos conservaram para a menor partícula da matéria o mesmo nome com o qual havia sido batizada pelos antigos gregos: átomo.

A partir daí, verificou-se um estudo intensivo da estrutura e das propriedades do átomo. Químicos e físicos investigaram suas características e propriedades elétricas. Descobriram, por exemplo, que certas propriedades, como a condutividade elétrica, não se originavam do átomo como um todo, mas deviam-se à existência de partículas que participavam de sua composição. Chegaram assim ao conhecimento do elétron, responsável direto pelos fenômenos elétricos observados na matéria.

À medida que os estudiosos avançavam no conhecimento da estrutura do átomo, esta ia-se revelando cada vez mais fascinante. O cientista alemão Wilhelm Roentgen (1845-1923) descobriu que, por meio de descargas elétricas, era possível obter radiações semelhantes às da luz, mas dotadas

de propriedades diferentes. De fato, tais radiações eram capazes de atravessar corpos opacos. Até aquela época, essa característica era considerada uma propriedade exclusiva da radiação luminosa, verificando-se, porém, em relação aos corpos transparentes.

O que havia de mais curioso na descoberta de Roentgen era que até aquela época essas radiações nunca haviam sido observadas na natureza. Pareciam não existir no espectro solar, não contribuindo para a composição da radiação proveniente das fontes luminosas conhecidas.

Seria simplesmente o caso de pensar no fato de ninguém ter deparado com elas até o momento? Seria preciso provocar de alguma forma sua emissão.

Tradicionalmente, a família Becquerel interessava-se pela questão das radiações emitidas no fenômeno de fluorescência (reemissão de uma radiação secundária cuja energia é subtraída à radiação excitadora que é absorvida pela substância fluorescente).

Nada mais natural, portanto, que o imediato interesse demonstrado por Henri em relação ao problema levantado pela descoberta de Roentgen. Existiria, entre as substâncias fluorescentes, uma capaz de emitir, após uma excitação adequada, os raios X?

Somente a experimentação poderia dar a resposta. E Becquerel resolveu excitar, por meio da luz solar, todas as substâncias consideradas fluorescentes, uma a uma. Não podia existir excitação mais forte que os poderosos raios solares, pensava o cientista, e nada melhor que estudar uma substância que apresentasse a fluorescência como propriedade natural.

Baseado nessas hipóteses Becquerel traçou sua experiência: submeter à ação dos raios solares uma amostra da substância em questão e, em seguida, colocá-la em contato com uma chapa fotográfica, encerrada numa espécie de embrulho de papel impermeável à luz. Para ter certeza de

que as radiações emitidas eram do mesmo tipo das radiações descobertas por Roentgen, Becquerel interpôs um objeto metálico (uma cruz de ferro) entre a amostra e a chapa fotográfica. Se fossem semelhantes, essas radiações seriam capazes de atravessar a fina espessura do metal.

E justamente com essa finalidade Becquerel espera impacientemente pelo Sol, em fins de fevereiro de 1896: quer expor à sua radiação uma amostra formada por sais de urânio e urânio metálico. Quando o Sol reaparece, o cientista imediatamente trata de iniciar a experiência. Antes disso, porém, resolve verificar o estado da emulsão fotográfica: talvez se tenha deteriorado com a demora. Além disso, a umidade atmosférica pode ter alterado as chapas, o que comprometeria o resultado da experiência. Becquerel revela então as chapas.

Espantado, percebe que, apesar de não terem sido atingidas pela radiação solar, essas chapas estão impressionadas justamente nos lugares que haviam permanecido em contato com as amostras. Além disso, nota que a região das chapas situadas em correspondência com o objeto metálico disposto diante das amostras se encontra impressionada mais fracamente. O escurecimento, portanto, não se deve a um efeito químico provocado pelo contato com as amostras: estas emitem espontaneamente uma radiação até então desconhecida, que atravessa a cruz de ferro.

A primeira coisa a ser feita é demonstrar a origem dessas radiações misteriosas. Levado por rigoroso espírito científico, Becquerel conclui que elas não são influenciadas por reações químicas, a que submete as amostras. Trata-se, portanto, de uma propriedade apresentada pelo átomo e não de uma característica da ligação química.

As pesquisas de Becquerel não param aí: estuda as propriedades físicas dessa nova radiação e descobre sua capacidade de ionizar o ar, isto é, destacar elétrons dos átomos que o compõem. Isso significa que a presença de tais radiações pode ser revelada mediante um eletroscópio, instrumento que

indica a existência de cargas elétricas somente se o ar que contém não está ionizado. Se estiver, o ar torna-se condutor e o eletroscópio descarrega-se.

Em seguida Becquerel elabora o primeiro instrumento para detectar radiações nucleares, posteriormente utilizado pelo casal Curie na descoberta do polônio e do rádio. Esse será o instrumento fundamental no estudo de física nuclear até a invenção da câmara de ionização.

Apesar de pesquisar incansavelmente, Becquerel não consegue explicar qual a origem das radiações que descobrira quase por acaso. Recebem, enquanto isso, o nome de raios Becquerel, assim como pouco mais de um ano antes os raios X foram chamados raios Roentgen.

Nesse meio tempo, Pierre e Marie Curie descobrem o polônio. Ao procurar saber qual a fonte das radiações do urânio, o casal de cientistas separou quimicamente todos os elementos a ele associados na amostra natural de óxido. Entre essas substâncias descobriram o novo elemento.

Imediatamente Becquerel procura obter uma amostra do recém-descoberto polônio. De fato, sendo puro e concentrado, seria fácil analisar suas radiações. E justamente entre elas localiza uma radiação diferente daquela encontrada inicialmente. Demonstra que essa nova radiação denominada radiação beta — é composta somente por elétrons.

Descobre, em 1896, que à temperatura ambiente, o urânio emite uma radiação invisível, semelhante aos raios Roentgen, capaz de impressionar uma chapa fotográfica mesmo após atravessar finas camadas de metal.

As exaustivas e contínuas pesquisas de Becquerel sobre a radiatividade, no entanto, não o impedem de dedicar-se também a outros campos da ciência. Ocupa-se do problema do magnetismo, pesquisando as características magnéticas do níquel e do cobalto e o efeito Zeeman. Estuda a temperatura do Sol, a polarização da luz, a fosforescência e a absorção da luz por cristais.

Secretário da Académie des Sciences, membro da Royal Society, da Accademia dei Lincei, das Academias de Washington e de Berlim, em 1903 Becquerel recebe, juntamente com Pierre e Marie Curie, o Prêmio Nobel de Física.

Embora tenha recebido homenagens e recompensas, Henri Becquerel conserva sua extrema modéstia. Demonstra uma gratidão incondicional para com seu pai e seu avô, dos quais herdou não só o nome célebre, mas também a dedicação pela experimentação científica.

Morre a 25 de agosto de 1908, com apenas 56 anos de idade. Até o fim, afirma não ser o único executante de sua obra: foi também com a ajuda de seus assistentes de laboratório que conseguiu lançar um pouco de luz no interior do átomo.

Energia nuclear no Brasil: fatores internos e pressões externas

INTRODUÇÃO

Versa este trabalho sobre Energia Nuclear, visando abordar fatores internos existentes no Brasil e pressões externas exercidas sobre o Brasil com o objetivo principalmente de fornecer informações sobre Energia Nuclear, abordando seus aspectos no Brasil e pressões externas e internas que têm sido feitas para dificultar e mesmo obstaculizar seu desenvolvimento no país.

Seu público-alvo é a sociedade civil (políticos, cientistas, professores, industriais, funcionários públicos, militares e a opinião pública em geral).

1 - Fontes de energia

Energia - Conceito

Entende-se por energia a capacidade de realizar trabalho. Fontes de energia, dessa forma, são determinados elementos que podem produzir ou multiplicar o trabalho: os músculos, o sol, o fogo, o vento, etc.

Através do uso racional do trabalho, especialmente na atividade industrial, o homem não apenas sobrevive na superfície terrestre — encontrando alimentos, abrigo das chuvas ou do frio, etc —, mas também domina e transforma a natureza: destrói florestas, muda o curso dos rios, desenvolve novas variedades de plantas, conquista terras ao mar, reduz distâncias (com modernos meios de transporte e comunicação), modifica os climas (com a poluição, as chuvas artificiais, etc), domestica certos animais e extermina outros.

As primeiras formas de energia que o homem utilizou compreendem o esforço muscular (humano e de animais domesticados), a energia eólica (do vento) e a energia hidráulica, obtida pelo aproveitamento da correnteza dos rios. Com a Revolução Industrial, na Segunda metade do século XVIII e no século XIX, surgem as modernas máquinas, inicialmente movidas a vapor e que hoje funcionam principalmente à energia elétrica. A eletricidade pode ser obtida de várias maneiras: através da queima do carvão e do petróleo (usinas termelétricas), da força das águas (usinas hidrelétricas), da fissão do átomo (usinas nucleares) e de outros processos menos utilizados.

As chamadas modernas fontes de energia, as mais importantes, são: o petróleo, o carvão, a água e o átomo. As fontes alternativas, que estão conhecendo um grande desenvolvimento e devem tornar-se mais importantes no futuro, são o sol (energia solar), a biomassa e os biodigestores, o calor proveniente do centro da Terra (energia geotérmica), as marés, o xisto betuminoso e outras.

É importante ressaltar que as fontes de energia estão ligadas ao tipo de economia: quanto mais industrializada ela for, maior será o uso de energia. O carvão mineral foi a grande fonte de energia da Primeira Revolução Industrial, e o petróleo foi a principal fonte de energia do século XX e continua a desempenhar esse papel, apesar de um recente e progressivo declínio. Tanto o petróleo como o carvão mineral são recursos não renováveis, isto é, um dia se esgotarão completamente; eles também são muito poluidores, na medida em que seu uso implica muita poluição do ar. Por esses dois motivos eles estão em declínio atualmente, em especial o petróleo, que foi básico para a era das indústrias automobilísticas e petroquímicas. Vivemos na realidade numa época de transição, de passagem do domínio do petróleo para a supremacia de outras fontes menos poluidoras e renováveis, isto é, não apresentam o problema de esgotamento. Este pensamento está pelo menos na cabeça dos ambientalistas de todo o planeta, mas a realidade ainda é um mundo dominado pelos combustíveis fósseis. Entre as principais fontes de energia, utilizadas em nosso planeta, trataremos agora da Energia Nuclear.

2 – Energia nuclear

2.1 - Conceito

É a quebra, a divisão do átomo, tendo por matéria prima minerais altamente radioativos, como o urânio (descoberto em 1938).

A energia nuclear provém da fissão nuclear do urânio, do plutônio ou do tório ou da fusão nuclear do hidrogênio. É a energia liberada dos núcleos atômicos, quando os mesmos são levados, por processos artificiais, a condições instáveis.

A fissão ou fusão nuclear são fontes primárias que levam diretamente à energia térmica, à energia mecânica e à energia das radiações, constituindo-se na única fonte primária de energia que tem essa diversidade na Terra.

Como forma térmica de energia primária, foram estudadas as aplicações da energia nuclear para a propulsão naval militar e comercial, a nucleoeletricidade, a produção de vapor industrial, o aquecimento ambiental e a dessalinização da água do mar.

Apesar de polêmica, a geração da energia nucleoeletrica é responsável pelo atendimento de 18% das necessidades mundiais de eletricidade. São as aplicações da ciência e tecnologia nucleares que resultam em benefícios mais significativos, de amplo alcance e de maior impacto econômico.

2.2 - O átomo: muita discussão em torno de uma hipótese

Há mais de 2.400 anos, o filósofo grego Anaxágoras, trabalhando só com o pensamento e a intuição, pois não tinha, obviamente, nem os instrumentos nem os conhecimentos da ciência moderna, afirmou que a matéria poderia ser dividida infinitamente. Sua genial percepção foi, contudo, contestada por Leucipo e Demócrito, para os quais a matéria só poderia ser dividida até um certo limite. Existiam, então, partículas infinitesimais, inseparáveis e indestrutíveis que formariam as substâncias. A essas partículas, Demócrito deu o nome de átomo, palavra grega que significa indivisível (como já se viu).

A polêmica estabeleceu-se na Grécia Antiga. E com os argumentos da lógica e às vezes do sofisma, o debate prolongou-se até que Aristóteles, o maior de todos os pensadores gregos, se fixasse na tese de Anaxágoras sobre a divisibilidade infinita da matéria. O conceito do átomo, porém, estava definitivamente incorporado ao pensamento ocidental.

2.3 - Utilidades da energia nuclear

O emprego da radioatividade e da energia nuclear está cada vez mais desenvolvido em todo o mundo. Coisas simples, incorporadas ao nosso dia-a-dia, são possíveis devido à radioatividade. Por exemplo: a seringa descartável de injeção. O que permite a esterilização da seringa dentro de um invólucro no qual será vendida nas farmácias é um tratamento radioativo que elimina todos os germes e impede sua proliferação. A radiografia com emprego de raios X é corriqueiramente usada na identificação de problemas de saúde. E, ainda na medicina, são numerosos os tratamentos – especialmente em casos de câncer – possíveis com o aproveitamento das propriedades dos isótopos radioativos.

Na alimentação, também são importantes as pesquisas possibilitadas pelos radioisótopos. Por um lado, é possível acompanhar toda a trajetória da absorção dos alimentos por uma planta, definindo-se os nutrientes que essa planta melhor absorve, da seguinte forma: misturam-se radioisótopos em adubos que serão dados como alimentos à planta. Depois, ao cientista basta medir a radioatividade existente na planta para calcular as quantidades dos diversos adubos por ela absorvidos. Existem mil e uma aplicações na indústria, gamagrafia, medidores, etc.

Mas, depois da bomba atômica, a aplicação mais conhecida da energia nuclear está nos reatores. O papel dos reatores nucleares é gerar calor. Com esse calor, podem-se mover navios, fundir minério de ferro e, sobretudo, produzir energia elétrica. Para mover navios ou produzir energia elétrica, o reator nuclear funciona conforme o mesmo princípio de uma caldeira. Só que no lugar do carvão, da lenha ou do petróleo, o que aquece a caldeira é a fissão do núcleo do urânio ou outro material físsil. A fissão aquece

a água, produzindo vapor, que, sob pressão, vai girar as turbinas, pondo em movimento as hélices do navio ou as pás do gerador de eletricidade. Em princípio, nada diferencia uma central elétrica térmica convencional de uma central elétrica nuclear, exceto que a primeira usa petróleo (com suas míseras dez mil quilocalorias por quilo) e a segunda usa urânio (com suas sensacionais 19 milhões de quilocalorias por grama de isótopo físsil) para produzir o vapor que porá o gerador em movimento.

Na siderurgia e mesmo em outras indústrias como a química e a petroquímica, que requerem calor para provocar fenômenos químicos em seus processos, a energia nuclear poderá vir a ser largamente utilizada, estando em desenvolvimento reatores específicos para essas aplicações. Esses reatores, chamados HTGR (High Temperature Gás Reactor), conseguem elevar a temperatura do fluido arrefecedor – gás neste caso – até 1.000°C (os demais não chegam nem à metade disso), o que permite a gaseificação do carvão ou a obtenção de hidrogênio puro a partir da água. O carvão gaseificado, o hidrogênio e também o monóxido de carbono, que esses reatores permitem obter, são insumos básicos para a produção de aço, plásticos, papel, etc.

2.4 - Urânio: o combustível nuclear

O urânio é um elemento químico de número atômico 92, isto é, tem 92 prótons em seu núcleo. O urânio encontrado na natureza é uma mistura de três isótopos, sendo 99,28% de urânio 238, 0,71% de urânio U5 e 0,00057% de urânio 234. Só o urânio 235 ou U5 é físsil, sendo aliás o único elemento físsil encontrado na natureza, ponto de partida, portanto, para toda a indústria nuclear.

Entretanto, o U5 pode ser transformado em plutônio físsil, daí ser considerado material fértil. Assim, será físsil aquele material capaz de gerar energia nuclear pela fissão, e fértil, o material capaz de ser transformado em físsil. Além do U8, também o tório é um material fértil, porque poderá se transformar no U físsil.

As pesquisas de urânio no Brasil começaram em 1951, em trabalho conjunto do Conselho Nacional de Pesquisas e do

U.S. Geological Survey. Em 1956, as pesquisas ganharam maior impulso com a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN - , que continuou trabalhando em convênio com o USGS até 1960.

Na década 60, iniciou-se a cooperação francesa nos trabalhos de pesquisa de urânio no Brasil, por meio do Commissariat à l'Énergie Atomique, que chegou a ajudar na organização do Departamento de Exploração Mineral da CNEN. A cooperação francesa, que durou até 1966, permitiu a formação de mais de meia centena de técnicos brasileiros na pesquisa de urânio e acabou levando à identificação das primeiras reservas no Planalto de Poços de Caldas (Minas Gerais). Quando foi assinado o Acordo Nuclear com a Alemanha, o Brasil dispunha, nos municípios de Caldas (MG) e Figueira (PR), cerca de 11 mil toneladas de urânio (entre asseguradas e estimadas) passíveis de exploração a preços competitivos. Além disso, sabia-se de outras ocorrências, associadas a outros minérios em Araxá (Minas), Olinda (Pernambuco) e Jacobina (Bahia), cuja exploração, entretanto, dependia das dimensões da produção dos minérios aos quais o urânio aparece associado. Isto é, por ser muito difícil e caro extrair urânio desses outros minérios (pirocloro em Araxá, ouro em Jacobina), seria necessário explorá-los em grande quantidade para justificar economicamente a extração. Daí por que esta não chegou a ser feita.

O trabalho de encontrar urânio começa com o exame das grandes unidades geológicas favoráveis à existência do minério, tendo em vista identificar as áreas nas quais se deverá executar um trabalho sistemático e metódico. Seleccionadas as áreas, nelas são feitos diversos tipos de levantamentos: aerogeofísicos (sobrevãos das áreas com aparelhos sensíveis à radioatividade), geoquímica (identificação de alterações no solo e na flora provocadas pela presença de minérios de urânio), radiometria (localização de anomalias por meio do cintilômetro, aparelho que substitui o contador Geiger).

Uma vez comprovada a existência de indícios de urânio, passa-se à fase de pesquisa, na qual, por meio de sondagens e abertura de galerias, além do continuado emprego dos métodos já descritos anteriormente, medem-se as dimensões da reserva

e, finalmente, definem-se as possibilidades e métodos de sua exploração.

2.4.1 - Muitas maneiras de enriquecer o urânio

Está visto que o urânio natural tem muito pouco material físsil, o que não impede sua utilização na geração de energia, embora limite sua aplicação geral. É que a taxa de irradiação obtida com o urânio natural – quantidade de energia gerada por quilo de urânio consumido – é baixa. Usa-se elevar a taxa de irradiação enriquecendo o urânio. Daí que urânio enriquecido é todo urânio com mais de 0,7% de U235.

Na maior parte dos reatores comerciais usados atualmente para gerar energia elétrica, utiliza-se urânio com 3 a 5 por cento de U235. Para se fabricar uma bomba atômica, seria necessário urânio com pelo menos 90% de U235 (ou Pu-239 praticamente puro).

Existem quatro processos de enriquecimento do urânio: difusão gasosa, ultracentrifugação, jato centrífugo e um processo aerodinâmico desenvolvido pela África do Sul cujas características básicas são muito semelhantes às do jato centrífugo. A mais antiga das técnicas é a da difusão gasosa. Projetada inicialmente com finalidades militares, é capaz de enriquecer urânio a 90% sendo por isso considerada monopólio das potências nucleares. Este processo, para se tornar econômico, precisa ter uma capacidade de pelo menos 8.500.000 (oito milhões e quinhentas mil) unidades de trabalho separativo por ano. (Unidade de trabalho separativo ou UTS dá uma idéia do trabalho executado para elevar o teor de U235, ou seja, realizar o chamado enriquecimento em U235).

Para se ter uma idéia do que significa aquele número, basta dizer que 8.500.000 UTS atenderiam a uma demanda de urânio para cerca de 60 usinas nucleares da capacidade de Angra II. Por suas dimensões, pelos investimentos que requer e por seu alcance bélico, só os Estados Unidos, Grã-Bretanha, França, Rússia e China têm usinas de enriquecer urânio por difusão gasosa, embora este seja um dos dois processos totalmente comprovados do ponto de vista técnico e econômico. Essas potências se negam a transferir

tecnologia de enriquecimento por difusão, embora aceitem vender serviços de enriquecimentos aos demais países interessados.

Os europeus, os americanos e recentemente os japoneses vêm trabalhando numa segunda alternativa de enriquecimento, denominada ultracentrifugação. Igualmente considerado segredo militar por permitir também o enriquecimento a 90%, o processo oferece, sobre a difusão gasosa, a vantagem de ter custos operacionais mais baixos e permitir a instalação de usinas de enriquecimento menores. Um consórcio, conhecido pelo nome de Urenco, formado por Grã-Bretanha Alemanha e Holanda, tem duas usinas em operação – uma na Inglaterra (Capenhurst) e outra na Holanda (Almelo) – produzindo urânio enriquecido por centrifugação. A Urenco está considerando a construção, na Alemanha, de outra usina utilizando o mesmo processo. A nova expansão da capacidade americana de enriquecimento está sendo feita com usinas de centrifugação. O Japão tem em operação uma usina de demonstração que usa o processo de centrifugação.

2.5 - Plutônio

O plutônio não existe na natureza. Ele é criado artificialmente pela transmutação do urânio 238, processada dentro de um reator. Há vários isótopos, dos quais são físséis os de número de massa ímpar: Pu239 e Pu241.

Como elemento gerador de energia, o plutônio é de uma capacidade extraordinária. Os plutônios físséis têm, como combustível nuclear, propriedades semelhantes às do U235, podendo substituir este combustível. Entretanto, o manuseio do plutônio exige severos cuidados. Trata-se de um elemento tóxico: a concentração máxima tolerável é de 0,00003 gramas por metro cúbico de ar. Entretanto ele é menos tóxico que algumas substâncias aceitas naturalmente pela nossa sociedade.

O plutônio gerado em um reator está misturado ao combustível, do qual é retirado por meio de uma operação química denominada reprocessamento. Esta operação não permite a separação dos isótopos físséis dos férteis, daí por que a obtenção de plutônio com alto percentual de isótopos físséis (plutônio de

alta qualidade) depende da própria qualidade do plutônio contido no combustível a ser reprocessado. Esta última separação é, entretanto, desnecessária se a finalidade for usar o plutônio nos reatores nucleares para produção de energia elétrica. Tanto a composição isotópica como a quantidade de plutônio produzida dependem do tipo de reator e de sua taxa de irradiação. Serão necessários, por exemplo, reatores de baixa taxa de irradiação para produzir plutônio com 96% de teor físsil, único capaz de ser usado em bombas nucleares. Tais reatores, contudo, são antieconômicos quando postos a operar na geração de energia elétrica e vice-versa. Assim, os reatores comerciais com elevada taxa de irradiação produzem plutônio pobre em material físsil para fins militares, mas não para fins energéticos. O que não elimina a possibilidade, em caso de especial necessidade, de eles serem postos a operar com baixa taxa de irradiação de modo a produzir plutônio de alta qualidade, o que seria altamente antieconômico. Para isso, há soluções alternativas mais baratas e mais rápidas.

2.6 - Os reatores

O reator é um dispositivo complexo no qual a reação nuclear em cadeia é iniciada e controlada visando à obtenção de energia com diversas finalidades. Há, pois, reatores para variados empregos. Vários países, centros de pesquisas e empresas vinculadas ao desenvolvimento e fabricação de reatores nucleares têm pesquisado diferentes caminhos tecnológicos na busca do tipo de reatores que possam oferecer mais rentabilidade, produtividade e segurança, conforme as finalidades a que se destinem.

Assim, existem mais de 10 tipos diferentes de reatores, conhecidos pelas iniciais de seus nomes em inglês, e agrupados conforme o tipo de combustível, moderador e arrefecedor usados.

Combustível é o elemento gerador de energia, constituído normalmente por uma mistura de material físsil e material fértil. São usados como combustível, por exemplo, urânio (U235 ou U235 + U238), mistura de urânio e tório (Th232 + U233) e de urânio e plutônio (U238 + Pu239) etc.

Moderador é o material utilizado para reduzir a energia dos neutrons de modo a aumentar a ocorrência da fissão controlada. São usadas como moderadores a água comum (denominada tecnicamente água leve), a água pesada (constituída por isótopos pesados de hidrogênio), a grafita.

Arrefecedor é o material que permite o transporte da energia térmica, gerada pela fissão, para sua utilização. São usados como arrefecedores a água leve, a água pesada, o gás carbônico, o hélio, o sódio líquido. Geralmente é o moderador que serve à classificação dos reatores. Por isso, eles são conhecidos como reatores a água leve, ou água pesada ou grafita.

Além dessa classificação técnica, os reatores podem ser divididos em duas grandes linhas que expressam sua evolução tecnológica: são os reatores comerciais empregados hoje no mundo, originários da primeira linha de reatores desenvolvida nos Estados Unidos, com fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial; e os reatores superconversores rápidos, existem operando para demonstração no Reino Unido, França e Rússia. Sua grande vantagem é produzir mais material físsil do que consome, empregando o plutônio como combustível. Não usam materiais moderadores porque funcionam como nêutrons rápidos, de alta energia.

2.6.1 - Reatores à água comum

Atualmente, os reatores mais comprovados e comercialmente preferidos no mundo são os à água comum: mais de 80% das usinas nucleares em operação utilizam reatores de água leve, um dos quais o PWR, que é também o único tipo usado na propulsão naval. Duas razões explicam essa preferência: os PWR produzem energia a custo mais baixo e foram desenvolvidos nos Estados Unidos, onde se concentra mais da metade da indústria nuclear do mundo ocidental. Essa é a linha de reatores preferida pelos países em que o programa nuclear tem por principal finalidade gerar energia elétrica a custo baixo, ou seja, em que o parâmetro econômico é fundamental para definir a escolha.

Existem duas linhas principais de reatores a água leve, ambas de origem norte-americana: o PWR e o BWR.

O PWR – iniciais da expressão inglesa Pressure Water Reactor, que significa reator a água pressurizada, desenvolvido inicialmente pela empresa americana Westinghouse, que identificou o potencial dessa tecnologia na geração de energia elétrica e o BWR (Boiling Water Reactor).

2.6.2 - A água pesada: emprego problemático

Existem diversos tipos de reatores a água pesada, conforme o combustível e o arrefecedor que utilizem. Entretanto, só o CANDU¹ (Canadian Deuterium Uranium Reactor) e o PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) alcançaram versões comerciais. Os demais projetos não passaram da fase de protótipos.

Os reatores à água pesada são de maior complexidade tecnológica e de custo operacional mais elevado que os de água leve. Oferecem a vantagem de dispensar o urânio enriquecido, mas, em compensação, o processo de obtenção da água pesada não é o menos complexo tecnologicamente, ainda que menos sujeito a problemas políticos no campo internacional.

A água pesada distingue-se da água comum por ter sua molécula formada por um átomo de oxigênio e dois átomos de deutério (isótopo de hidrogênio de massa 2). O símbolo da água pesada é D₂O. A tecnologia de obtenção da água pesada não é sigilosa (como a do enriquecimento do urânio por difusão gasosa) mas é complexa e altamente custosa. Em todo o mundo operam apenas três fábricas comerciais de água pesada: duas nos Estados Unidos e uma no Canadá.

Os reatores CANDU requerem um quilo de água pesada por cada quilowatt elétrico instalado. Está é uma das razões de seu elevado custo operacional. Entretanto, produzem mais plutônio físsil por urânio consumido do que os reatores a água leve, o que é uma vantagem relativa, já que o reprocessamento deste tipo de combustível normalmente não é justificado, pois não há urânio residual com teores de enriquecimento que justifiquem o aproveitamento econômico. Daí que, em todo o mundo, os reatores a água pesada tendem a ter desenvolvimento menor.

¹ Reator à base de urânio natural e água pesada.

Reatores arrefecidos a gás

Os reatores arrefecidos a gás, conhecidos pelas iniciais GCR – Gas Cooled Reactor, chegaram a ser comercialmente importantes na década de 50 e, até hoje, operam em países como a Grã-Bretanha e a França, mas se tornaram obsoletos e não competitivos com os demais. São filhos diretos dos primeiros reatores construídos, com finalidades bélicas, nos Estados Unidos, Reino Unido e França, utilizando urânio natural como combustível, grafita como moderador e gás carbônico como arrefecedor.

Os reatores a gás são os que mais viveram importantes aperfeiçoamentos tecnológicos. O primeiro deles foi a substituição do urânio natural pelo urânio enriquecido nos AGR – Advanced Gas Cooled Reactors. Depois, num novo estágio, utilizou-se como combustível uma mistura de urânio altamente enriquecido, tório e gás de hélio, em substituição ao gás carbônico.

Outras modificações estruturais foram adotadas no projeto. Neste estágio, sendo o reator denominado High Temperature Gas Reactor (Reator a Gás de Alta Temperatura – HTGR), obteve-se um dispositivo de grande eficiência e menores riscos ecológicos, o que o torna ideal para países desenvolvidos de elevada densidade populacional, além de permitir seu uso não só na geração de energia elétrica como também em processos industriais (na petroquímica, fase nacionalista, na siderúrgica, etc., como fonte térmica). Entretanto, esses reatores usam urânio altamente enriquecido e dependem fundamentalmente do *reprocessamento*, com todas as implicações políticas daí decorrentes.

Embora, ao contrário do PWR, CANDU ou AGR, não seja considerado um reator comprovado, o HTGR encontra, teoricamente, crescente aceitação nos Estados Unidos, Europa e Japão. Nesse país, inclusive, existe um programa de HTGR em estudo, para atender às necessidades da indústria siderúrgica japonesa.

2.7 - O ciclo do combustível

O urânio, desde que é minerado, e até chegar ao reator, passa por um complexo processo de preparação. Após sair do

reator, esse combustível *queimado* enfrenta novos processos, nos quais se recuperam urânio e plutônio físséis nele contidos e prepara-se o resto para ser cuidadosamente armazenado como rejeito radioativo, no jargão popular chamado de *lixo atômico*.

Todo esse trabalho é conhecido como ciclo de combustível. Suas principais fases são:

Prospecção – é a procura, a descoberta de ocorrência de jazidas de urânio.

Mineração – o urânio é extraído da terra, onde às vezes se encontra associado a outros minerais de interesse econômico.

Concentração – o urânio é separado dos demais minerais e transformado no produto denominado *yellow cake* (bolo amarelo).

Conversão – o *yellow cake*, por meio de processos complexos, é transformado num composto com flúor, conhecido como hexafluoreto de urânio ou UF₆ sólido, que, em torno de 60°C, se transforma num gás.

Enriquecimento – o hexafluoreto de urânio é submetido a processos para elevar seu teor de U235.

Fabricação do elemento combustível – o UF₆ enriquecido é transformado em pastilhas de UO₂ e condicionado em tubos apropriados formando o elemento combustível.

Irradiação – o combustível é colocado no reator para, através da reação em cadeia, gerar energia.

Reprocessamento – o combustível *queimado* ou irradiado é submetido a processos químicos para nele se recuperar plutônio e urânio físsil.

Eliminação de rejeitos radioativos – após tratamento especial, o material restante é depositado em locais em que sua radioatividade não possa afetar os seres vivos e o meio ambiente.

A segurança dos reatores

O primeiro receio comum das pessoas diante de uma central nuclear, refere-se ao risco de explosão. No caso, explosão atômica. Esse é um receio totalmente infundado. Existem razões

físicas que tornam impossível a explosão de um reator nuclear, a começar pelo baixo teor de enriquecimento do urânio empregado na reação. O urânio de um reator, como se viu, é enriquecido a apenas 3%. Além disso, o reator dispõe de elementos para controlar e moderar a reação em cadeia, que impedem o tipo de reação capaz de levar à explosão.

O fato é que nunca se assistiu à explosão de um reator nuclear nessas três décadas de emprego de energia nuclear para fins pacíficos. O que pode acontecer realmente é a liberação de elementos radioativos por um reator. Um acidente pode ocasionar a liberação de doses letais de radiações e para preveni-lo, os projetos dos reatores incluem um pesado e complexo esquema de proteção cujo objetivo é evitar que qualquer coisa ocorrida no coração do equipamento possa ter repercussões do lado de fora.

O esquema de proteção começa na seleção de materiais e escolha de terreno para localizar uma usina. Ao longo dos anos, a indústria nuclear foi desenvolvendo e fixando normas de segurança por cuja aplicação zelam comissões nucleares nacionais e internacionais tais como a Comissão Nacional de Energia Atômica – AIEA, o organismo ligado à ONU, com sede em Viena.

A concepção de uma usina nuclear guarda estreita relação com as necessidades de segurança. Tudo é feito para impedir ao máximo a disseminação de radiações. A primeira barreira à liberação de substâncias radioativas é a própria pastilha do combustível nuclear, feita de um material cerâmico que retém parte das radiações. A segunda barreira são os tubos de zircaloy dentro dos quais são arrumadas as pastilhas de combustível. A terceira barreira é o material refrigerante que envolve o combustível e se encontra hermeticamente fechado no vaso metálico de contenção. Por fim, tudo isso — pastilhas, tubos e vaso — encontram-se dentro do prédio do reator, a quarta barreira, com 75 centímetros de espessura de concreto armado.

Esses são os sistemas concebidos no projeto de um reator para reduzir ao mínimo a propagação de radiações. Mas não bastam. Para prevenir falhas técnicas e humanas, as usinas são dotadas de inúmeros instrumentos de controle e medição que mantêm os técnicos permanentemente informados sobre suas

condições de funcionamento. E se, apesar disso, ocorrerem acidentes sérios, entra em ação uma última linha de defesa composta por equipamentos destinados a provocar imediata paralisação e rápido desaquecimento do reator. Já houve poucos casos em que tais equipamentos foram chamados a intervir — nos casos em que os problemas chegaram às manchetes dos jornais — e o fizeram com êxito evitando acidentes com maiores proporções.

Os problemas ligados à segurança de um reator não se limitam, porém, às medidas destinadas a conter emissões radioativas descontroladas. Assim, como qualquer fábrica ou uma usina termelétrica, lançam na natureza os seus efluentes industriais, alguns altamente poluidores, a usina nuclear também lança gases na atmosfera e líquidos nos rios e mares. Só que, ao contrário do que fazem muitas indústrias, as usinas nucleares tratam esses restos de forma a torná-los o menos nocivo possível. Esse tratamento é feito em dois sistemas: tratamento de resíduos gasosos e de resíduos líquidos. São completos sistemas de tubos, válvulas, filtros e depósitos que retêm os elementos radioativos contidos nos gases e líquidos a serem lançados na natureza através de uma chaminé ou de um túnel de descarga. Esses resíduos, assim tratados, têm no máximo a metade da radioatividade natural da água comum e representam menos de 2,5% na radioatividade média que um homem suporta anualmente.

Sim, porque as pessoas vivem imersas em radioatividade. A luz solar é uma fonte radioativa natural como a televisão é uma fonte radioativa artificial. Até nos alimentos existe radioatividade. Cada um recebe cerca de 110 a 150 milirem de radiações por ano (o rem é uma medida de radiação), mas a radioatividade de uma central nuclear operando em condições normais não deve ultrapassar a 5 mrem/a.

Assim, tratados os resíduos gasosos e líquidos, resta saber o que será feito com os resíduos sólidos. Trata-se do combustível queimado que, logicamente, é um material perigosamente radioativo. Este é manipulado com todo o cuidado em recipientes próprios através de meios mecânicos (gruas, pinças) que evitam o contato humano. São colocados em tanques de chumbo ou aço

cheios de água para que esfriem e percam parte da radioatividade. E, depois, acondicionados em chumbo, são transportados até as usinas de tratamento. Como se viu anteriormente, parte desse combustível pode ser recuperada na forma de urânio enriquecido e plutônio. A parte imprestável é novamente acondicionada e transportada para sítios geológicos apropriados (minas subterrâneas de sal, por exemplo), onde permanecerá para o resto dos tempos.

2.8 - Os anos da CNEN

Uma resolução do Conselho de Segurança Nacional, de 30 de agosto de 1956, recomendou a criação de uma Comissão Nacional de Energia Nuclear diretamente subordinada à Presidência da República, instituída no dia 10 de outubro do mesmo ano. Também estava explícito nessa resolução a manutenção do princípio das compensações específicas em caso de exportação de materiais físséis.

O Brasil já contava então com alguns físicos nucleares de renome mundial como César Lattes, Mário Shoemberg, José Leite Lopes e Marcel Damy, este o segundo presidente da CNEN. Dispunha, também, de dois institutos de pesquisa: o Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte – IPR, criado em 1953, e o Instituto de Energia Atômica – IEA, de São Paulo, criado em 31 de agosto de 1956 por inspiração do CNPq. Um terceiro instituto seria criado em 1963 no âmbito da Universidade Federal do Rio de Janeiro: o Instituto de Engenharia Nuclear. Em torno desses institutos, avançavam os trabalhos de pesquisa no País, buscando identificar soluções nacionais para a tecnologia nuclear diante do bloqueio existente para sua obtenção externa. Em 1956, o IEA instalou um reator de pesquisa do tipo piscina, de 5 megawatts, de origem americana. O IPR instalou em 1958 seu reator, de 100 quilowatts, também de origem americana. O terceiro reator de pesquisa brasileira viria a entrar em funcionamento só em 1965: o Argonauta do IEN, de 10 quilowatts, construído com técnica e material inteiramente brasileiros. O IPR viria a instalar mais um reator, também inteiramente nacional, funcionando com tório-urânio e água pesada: o Capitu.

Este, no entanto, é subcrítico e só serve para pesquisas em física nuclear. Paralelamente, desenvolveram-se os primeiros trabalhos para melhor definir as reservas brasileiras de minerais nucleares, que, por volta do anos 50, acreditava-se estarem entre as maiores do mundo.

A CNEN aceitou cooperação nessas pesquisas, estabelecendo primeiro um convênio com o governo dos Estados Unidos, executado de 1956 a 1960. Entre 1961 e 1966, os trabalhos de pesquisa mineral da CNEN passaram a ser feitos com a cooperação do governo francês, que enviou ao Brasil técnicos responsáveis inclusive pela organização do Departamento de Exploração Mineral da entidade brasileira. Sem dúvida, esse trabalho mostrou-se proveitoso, seja pela formação dos primeiros técnicos brasileiros em pesquisa de urânio e outros minérios radioativos, seja pela identificação das primeiras reservas brasileiras desses minerais.

O maior evento desse período foi, sem dúvida, a decretação do monopólio estatal sobre minérios e materiais nucleares, por meio da Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962. Pela lei, ficou definido que só o Governo brasileiro, através da CNEN, poderia pesquisar, lavar e processar minerais radioativos no Brasil. Até então, vários organismos e empresas privadas intervinham na questão, dificultando soluções harmônicas, especialmente em relação aos minerais radioativos sobre os quais era grande o interesse das potências nucleares, consumidoras de urânio e tório. Entretanto, se ficava clara a política que o País seguiria em relação aos seus minerais radioativos, ainda muito se discutia sobre a linha de reatores mais adequada às condições nacionais.

3 - Situação atual e perspectivas da energia nuclear

3.1 - Situação da energia nuclear no mundo

A indústria nuclear sofreu um duro golpe, em todo o mundo, após o acidente de Chernobyl. Nos últimos anos, ações políticas em vários países interromperam programas, desativaram unidades ou cancelaram encomendas. De 130 usinas em construção em

1990 temos hoje (fins de 2002), sob esta condição, apenas 33 em todo o mundo. Neste número estão incluídas as usinas em construção no Iran e Argentina que, sabidamente, há vários, anos enfrentam dificuldades de ordem técnica e/ou econômica. Angra III, no Brasil, embora seja considerada como estando 59% concluída, não integra estas 32. Os Estados Unidos não encomendam uma nova usina nuclear desde 1978, a Europa Ocidental não conecta à rede uma nova usina nuclear desde 1999, não possuindo nenhuma em construção e a participação da energia nuclear na matriz energética mundial caiu para 10,2% ao final de 2001 e 7% em fins de 2002.

No final de 2002 havia 441 plantas nucleares em operação em 30 países, representando uma capacidade de 339 GW(e), mais de 10.000 reator-anos de experiência, 16% da capacidade geradora global e 7% do uso primário de energia. Destas 441 plantas nucleares em operação, 345 estão em operação por 15 anos ou mais, enquanto 128 estão em operação por mais de 25 anos. Em abril de 1986, a unidade 4 de Chernobyl, na Ucrânia, foi destruída no pior acidente na história da operação comercial da energia nuclear. O reator que teve a sua operação iniciada em 1983, era um projeto nuclear soviético conhecido pelo acrônimo russo de RBMK, um reator evoluído a partir de um reator de urânio-grafite cujo objetivo era a produção de plutônio. Hoje, 15 reatores RBMK estão produzindo eletricidade em três estados: 11 unidades na Rússia, dois na Ucrânia e dois na Lituânia. Eles representam gerações distintas de reatores, existindo significantes diferenças em suas características de segurança. Seis plantas são consideradas de primeira geração (Leningrado-1 e 2, Kurst-1 e 2 e Chernobyl 1 e 2.

Após o acidente de Chernobyl, as especificações soviéticas de segurança foram revisadas e na última década uma considerável quantidade de trabalhos foi desenvolvida pelos projetistas e operadores russos, visando melhorar a segurança dos RBMK e eliminar as causas que conduziram ao acidente. Como resultado muitas modificações operacionais foram implementadas, entretanto, ainda restam preocupações, particularmente, nas unidades da 1ª geração.

Apesar das especificações nitidamente superiores nos reatores ocidentais, cujos requisitos de segurança sempre foram incomparavelmente superiores aos dos reatores russos, especificamente, os RBMK, a influência do acidente foi devastadora para a indústria nuclear de todo o mundo, embora não assumida pelos defensores intransigentes da opção nuclear. De um crescimento anual de cerca de 24% na década de 80, a indústria nuclear desceu para 15.2% no período 1980-85, 6.4% no período 1985-90 atingindo apenas 2.4% de aumento anual no período 1990-94. A opção nuclear desceu um ponto percentual e mantém quase a mesma participação que possuía dez anos antes na produção de energia elétrica mundial, embora em oito países responda por 40% ou mais da produção de energia elétrica: Bélgica, Bulgária, França, Hungria, Lituânia, Eslováquia, Suécia Ucrânia e Suíça. (Fonte: Eletronuclear).

Deve-se chamar a atenção para o fato de que, tanto em termos de capacidade instalada em usinas nucleares como em termos de geração nucleoeétrica, apenas três países respondem por quase 60% do total mundial, como indicado abaixo.(fonte Eletronuclear)

Pais	% da capacidade nuclear mundial total (351.795 MWe)	% da geração líquida mundial nucleoeétrica (2.276,3 TWh)
Estados Unidos	28,2 %	27,7 %
França	17,9 %	16,5 %
Japão	12,5 %	14,0 %
Total	58,6 %	58,2 %

Durante o período de baixa nas encomendas, a indústria nuclear voltou-se para dentro dela mesma, dando ênfase ao desenvolvimento de projetos de reatores, intrinsecamente, seguros. Em 1992, o International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG), órgão de assessoria da IAEA em matéria relativa à segurança, propôs as características desejáveis para melhorar a segurança das futuras centrais nucleares, embora a maioria das unidades em operação possuam excelentes registros de segurança.

A IAEA em seu relatório anual de 2002 afirma que a inovação é a chave do sucesso no mercado competitivo da energia conforme texto abaixo:

Inovação: Uma chave de sucesso em Mercados de Energia Competitiva.

O século 21 testemunhará o rápido avanço na taxa de transformações tecnológicas, os mercados de energia globalizados altamente competitivos e, particularmente em países em desenvolvimento, uma substancial expansão no uso da energia para o desenvolvimento econômico de combustível. Para que uma tecnologia desperte e sobreviva neste século, é essencial que haja uma inovação contínua. Esta idéia é largamente reconhecida na indústria nuclear. Em 2000, os Estados Unidos lideraram o Projeto Geração IV, Projeto Internacional sobre Reactores Nucleares Inovadores e Ciclos de Combustível (INPRO). A União Européia tem o Iniciativa Michelangelo. Outros países têm desenvolvido individualmente seus programas nacionais de inovação complementar.

Em 2002, o Projeto Geração IV realizou a seleção de seis conceitos para futuras pesquisas nacionais — o reator de rápido resfriamento de chumbo, o reator de rápido resfriamento de sódio, o reator de resfriamento de água em altíssima temperatura, o reator de altas temperaturas e o reator de sal derretido. A Agência publicou o registro final de um estudo sobre inovações no desenvolvimento de reatores nucleares, complementado pelo IEA e NEA da OCDE. Além disso, um esboço sobre a fase 1A da INPRO foi apreciado pela comissão responsável pelo projeto, para ser revisado. A INPRO fornece uma perspectiva sobre as necessidades de energia nos países em desenvolvimento, atuais e futuras, incorpora experiência de segurança e de salvaguardas das agências e fornece, mais, uma visão global dos impactos ambientais causados pelo ciclo completo do combustível.

Recentemente a opção nuclear está atraindo a atenção do Leste e Sudeste da Ásia, em países como a Coréia, China e Japão, onde 8 usinas estão em construção e existem planos para mais unidades a serem construídas nos próximos 10 anos.

3.1.1 - A nova investida da indústria nuclear

Munida de nova argumentação, a indústria nuclear retomou as esperanças da ocorrência de um novo *boom* nuclear, a partir do início do século 21, lembrando ainda que deveremos estar entrando em algumas décadas na era da *Economia do Hidrogênio* que inclusive pode dedicar mais espaço para a energia nuclear. As bases desta expectativa estão alicerçadas em 4 argumentos principais:

1. Exaustão dos combustíveis fósseis
2. Diminuição da emissão de CO²
3. Dificuldades, em futuro próximo, da utilização de grandes blocos de energia renovável
4. Aumento da segurança da nova geração de reatores

Um quinto argumento, fruto do resultado dos últimos anos, também é apresentado: o custo de geração cada vez mais competitivo se comparado com outras alternativas energéticas. Nos Estados Unidos estes custos tem sido informado estarem atingindo valores inferiores a 2cents/kWh, com as plantas mais eficientes conseguindo cerca de 1.5 cents/kWh.

No Relatório de Gestão de 2001, a Eletronuclear apresenta como custos de operação de 2001 o valor de R\$ 22/Mwh que se convertidos à taxa de dólar do relatório (1 US\$ = 2,5 R\$) representa 0,88 cents/kWh, valor inferior aos obtidos pelas melhores usinas americanas, embora a meta fosse R\$ 37/MWh (1,5 cents/kWh) dentro dos padrões de eficiência nos EUA. Em princípio, temos que dar crédito aos cálculos feitos pela Eletronuclear, que segue metodologia da AIEA para efetuá-los, embora eles demonstrem uma eficiência exemplar a despeito das diferenças macro-econômicas entre o Brasil e os EUA. O que estranha é que neste valor está embutido o custo de Angra II, uma usina nova na qual, normalmente, os custos de operação são superiores e de Angra I, que não tem demonstrado

ser uma planta econômica. Chama-se atenção que estamos nos referindo ao custo de operação, um dos componentes da formação do custo total de produção, que formarão a tarifa de remuneração dos serviços e dentro da qual os custos de remuneração do capital ativo em serviço têm grande influência. Deve-se ter cuidado nesta nomenclatura definindo-se exatamente o custo ao qual estamos nos referindo e não se misturando custos de operação e de geração ou produção de energia como sendo a mesma coisa. Portanto, não se deve pensar que a tarifa da energia nuclear no Brasil poderia se situar em torno de R\$ 22/Mwh. Em 22/07/03 O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) autorizou o reajuste da tarifa da energia nuclear produzida nas usinas de Angra I e II de, aproximadamente, R\$ 63/Mwh para R\$ 78,41/Mwh, fixando-a em um patamar inferior ao que desejava a Eletronuclear, que era algo em torno de R\$90/Mwh. Este valor seria muito maior e até mesmo impagável, se o Tesouro Nacional não tivesse absorvido os custos do atraso da entrada em operação de Angra II.

Recentes estudos de professores do respeitado MIT, Ernest Moniz e John Deutch, construíram um modelo para comparar custos de produção de energia entre plantas nucleares, a carvão e gás natural. O modelo foca custos econômicos sem custos regulados ou subsidiados. De acordo com este estudo, o custo-base para a energia nuclear é 6,7 centavos de dólar por kilowatt-hora, comparado com 4,2 centavos para o carvão e gás natural. Se se considerar o custo do controle de emissões poluentes o carvão salta para 5,4 centavos e o gás natural para 4,8 centavos.

Deve-se lembrar que segundo estudo da COPPE, *“a legislação brasileira define padrões de qualidade do ar para SO₂, Particulados, NO₂, CO, O₃ e Fumaça; para as emissões, os padrões são estabelecidos somente para Particulados, SO₂ e Fumaça e diferenciados para óleo combustível e carvão, não contemplando, portanto, o gás natural.”*

Portanto, pelo menos enquanto esta legislação não for alterada, é de se esperar que apenas as usinas de grande porte, devido ao maior rigor no processo de licenciamento e devido à necessidade de financiamento externo, incorporem sistemas de medição e controle de poluição.

Como se pode notar, é um custo muito superior ao informado pelas concessionárias americanas e, ao contrário do que propalam os defensores da energia nuclear, nada competitiva em termos de custo de produção com o carvão e o gás natural. Evidentemente que estes valores foram pesquisados para os EUA. As condições brasileiras podem ser diferentes, mas dificilmente uma diferença de 2,5 centavos de dólar por kilowatt-hora seria compensada pelas diferenças regionais, pois apesar do alto custo do gás boliviano, as incertezas tradicionais quanto ao cumprimento dos cronogramas de construção podem fazer o custo de geração de Angra III ter uma diferença ainda maior em relação ao gás. Veja-se a própria declaração do presidente da Eletrobrás que, em setembro de 2003, disse não saber como vai ficar a situação de Angra III frente às descobertas do gás de São Paulo.

Existe um amplo entendimento e acordo de que as reservas exploráveis de óleo e gás se extinguirão em 50 anos, enquanto as de carvão podem durar mais de 200 anos. Considerando que o planejamento energético das nações precisa ser considerado no longo prazo, não nos podemos permitir ignorar a questão da exaustão das reservas energéticas fósseis, pois temos que prever como satisfaremos nossas necessidades de energia no futuro.

Nos anos 70 e começo da década de 80, a maior preocupação era a liberação de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, que produzem chuvas ácidas, prejudicando florestas e lagos. Esta preocupação ainda persiste, mas existem hoje várias técnicas modernas para eliminar ou reduzir drasticamente a emissão destes gases nocivos, embora a um custo considerável.

Entretanto, não existem técnicas disponíveis para remover ou neutralizar o CO² formado na queima de todos os combustíveis fósseis e que junto com outros gases tais como o metano liberado durante a extração e bombeamento do gás natural, são conhecidos como causadores do aumento da temperatura da atmosfera do globo — aquecimento global. Na verdade, se os 441 reatores nucleares em operação no mundo (fins de 2002) fossem substituídos por plantas a carvão de capacidade equivalente, cerca de 2600 milhões de toneladas de CO² seriam adicionados

à atmosfera mundial, anualmente, i.e., 9% de todas as emissões oriundas de combustíveis fósseis.

Um uso maior das fontes renováveis de energia — vento, energia solar e biomassa — é, invariavelmente, requisitado pelos cartéis ambientalistas. Uma considerável quantidade de pesquisa e desenvolvimento tem sido dispendida nestas fontes de energia e espera-se que elas um dia proverão quantidades substanciais de energia no futuro. Entretanto, atualmente a sua contribuição é de apenas cerca de 0,1% da energia mundial. Infelizmente, essas fontes possuem várias desvantagens que afetam sua economicidade e uso. Os raios solares e os ventos são intermitentes, não estão sempre disponíveis e, a não ser que se descubram meios eficazes de armazenamento da energia, essas fontes não poderão fornecer a energia de que precisamos, de forma contínua. Outra desvantagem inerente nas fontes renováveis é sua apresentação de maneira dispersa. Se queremos uma quantidade significativa de energia (eletricidade) de origem solar, eólica ou de biomassa, teremos que cultivar grandes áreas, e isto não é barato. Calcula-se que para produzir-se a capacidade geradora elétrica, hoje comum, de uma planta de 1000 mW (e), precisa-se:

- de uma área de 50 a 60 km² de células solares ou hélices de vento; ou
- uma área de 3.000 a 5.000 km² de cultivo de biomassa.

Não é difícil de entender que será difícil tornar essas fontes de energia economicamente competitivas para grandes blocos de demanda. Embora essas fontes devam ser continuamente pesquisadas, não devemos ter ilusões de que, a curto ou médio prazo, elas nos ofereçam as enormes quantidades de energia que serão requeridas.

A humanidade caminhou do uso da lenha ao carvão, óleo, gás e urânio porque a elevada concentração de energia oferece economia e conveniência.

Alguns dados podem ajudar a ilustrar o significado da densidade de energia:

- 1 kg de lenha produz cerca de 1 Kwh de eletricidade;
- 1 kg de carvão produz cerca de 3 Kwh de eletricidade;
- 1 kg de óleo produz cerca de 4 Kwh de eletricidade;

- 1 kg de urânio natural produz cerca de 50.000 Kwh de eletricidade;
- 1 kg de plutônio produz cerca de 6.000.000 de Kwh de eletricidade.

Compreensivelmente, as diferenças na densidade de energia têm um grande impacto nas atividades necessárias para extrair, armazenar e transportar o combustível. Em um referendo popular, a Áustria decidiu deixar de operar uma unidade nuclear que utilizava cerca de 30 toneladas de urânio/ano. As duas usinas a carvão que foram construídas em substituição, agora queimam, de 1,5 a 2 milhões de toneladas de carvão por ano. Outro exemplo, que ilustra como a alta densidade de energia pode ser usada em pequenas centrais nucleares são as quatro unidades de 12 Wm)e que os russos construíram para prover eletricidade a uma comunidade mineira em área inacessível no Ártico. O urânio combustível pode ser levado por via aérea e o combustível usado final pode ser retirado, igualmente, por via aérea.

Se a quase total ausência de emissão de CO², torna a energia nuclear uma opção atrativa por responder ao risco do aquecimento global, outros aspectos da energia nuclear devem também ser considerados.

Do ponto de vista econômico, a energia nuclear costumava ter uma excelente vantagem sobre os combustíveis fósseis. Esta vantagem, praticamente, desapareceu em razão dos crescentes custos resultantes das numerosas exigências com os aspectos de segurança. Entretanto, enquanto a eletricidade baseada nos fósseis tem sido forçada a arrastar os custos das medidas antipoluidoras, a energia nuclear pode ainda vislumbrar melhoramentos construtivos que tornarão as plantas do futuro mais baratas.

Um fator importante, muitas vezes desconsiderado, é que uma grande parte do custo da energia nuclear é desembolsado no início — na construção da planta —. O urânio combustível é relativamente barato. Para as plantas a óleo e principalmente carvão a situação é oposta: o custo da construção não é tão grande, mas o custo do combustível durante a vida da unidade é considerável. Para países em desenvolvimento, carentes de capital para investir, este é claramente um fator negativo juntamente com

a necessidade de uma infra-estrutura industrial, tecnológica e de mão de obra especializada. Esses fatores poderão desaconselhar a opção nuclear para esses países.

Porém, o fator preponderante e que está no coração das atitudes céticas de muitas pessoas em relação à energia nuclear é o medo de acidentes nucleares que resultem em emissão de radioatividade para o meio ambiente. O acidente de Chernobyl, dezenove anos atrás, permanece como imagem assustadora. Sem tentar diminuir aquele trágico acidente, ele precisa ser encarado sob uma perspectiva maior e a segurança existente na energia nuclear deve ser comparada com a segurança dos meios alternativos de geração de energia. Deve ser lembrado que novas tecnologias sempre enfrentaram alguns acidentes a partir dos quais são aprendidas lições. Tanto o acidente de Three Mile Island — no qual nenhuma radioatividade foi liberada para o meio ambiente — como o desastre de Chernobyl, trouxeram a introdução de novas características de segurança nos reatores nucleares e desenvolveram a cultura internacional de segurança através da IAEA (International Atomic Energy Agency).

Apesar disso, sabemos que em qualquer tecnologia ocorrerão alguns incidentes e esperamos que estes não se tornem acidentes. O risco não é zero. A IAEA introduziu uma Escala Internacional de Evento Nuclear. (INES) que classifica os acidentes tal como classificamos os terremotos — de 1 a 7. Essa escala ajudará ao público a tear, de que a maioria dos incidentes são de importância secundária e não oferecem riscos à saúde pública.

Quando se consideram os riscos da geração nuclear de eletricidade, precisamos estar atentos para o fato de que meios alternativos de geração de eletricidade também oferecem riscos. Atualmente, os maiores acidentes — em termos de fatalidades — no setor energético estão relacionados com o rompimento de barragens de usinas hidrelétricas. Um exemplo foi a falha em 1979 de uma barragem em Macchu, na Índia, onde 2.500 pessoas pereceram. Têm ocorrido também sérios acidentes com tubulações e armazenamento de gás e transporte de óleo. Uma explosão de um gasoduto, em Guadalajara, no México, matou 200 pessoas em 1992.

É preciso, igualmente, lembrar que na apresentação de estatísticas como essa, a indústria nuclear não costuma mencionar que a única dessas tecnologias, todas com seus riscos inerentes, cujos acidentes podem afetar futuras gerações, é a opção nuclear.

3.2 - Energia nuclear no Brasil.

3.2.1 - Criação do CNPq

O Presidente Dutra, através da Lei nº 1.310, de 15 de janeiro de 1951, criou o Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq — , mas foi o Presidente Getulio Vargas que aprovou o seu Regimento com o Decreto nº. 29.433 de 4 de abril do mesmo ano.

As duas datas formalizam a existência do primeiro órgão governamental voltado para Ciência e Tecnologia, que centra nas atividades de Pesquisa a sua missão precípua. Entretanto, o marco inicial de sua criação é tido como a data da instalação do Conselho Deliberativo, cuja primeira reunião aconteceu em 17 de abril do mesmo ano.

O primeiro presidente do CNPq foi o Almirante Álvaro Alberto, nomeado pelo Presidente Getúlio em 1951.

3.2.1.1 – O Almirante nacionalista

A história da energia nuclear no Brasil inicia-se no pós-guerra com a luta do Almirante Álvaro Alberto contra as pressões americanas para alcançar o controle de propriedade das reservas mundiais de tório e urânio. O Almirante Álvaro Alberto, representante brasileiro, foi único a se opor As injustiças propostas no Plano Baruch. O almirante qualificou a política dos EUA de tentativa de desapropriação.

O representante brasileiro, Almirante Álvaro Alberto, pela primeira vez, formulou o princípio das compensações específicas: o Brasil estaria disposto a fornecer matérias-primas nucleares aos países interessados desde que estes fornecessem em troca, ao Brasil, tecnologia e equipamentos para o desenvolvimento de uma

indústria nuclear brasileira. Álvaro Alberto, em muitas oportunidades, chegava a ser voto isolado em defesa da autonomia nuclear dos países não nucleares nas sessões daquela Comissão, mas ia conquistando junto ao governo e à opinião pública brasileira uma posição ímpar de pioneiro na formulação de uma política nuclear independente para o Brasil. Em 15 de janeiro de 1951, pela Lei 1.310, o Presidente Eurico Gaspar Dutra cria o Conselho Nacional de Pesquisas, inspirado pelo Almirante Álvaro Alberto. Entre as atribuições do CNPq estavam a investigação e a industrialização da energia atômica e suas aplicações.

Em 1951, o Almirante Álvaro Alberto propôs uma legislação que protegesse as reservas nacionais de tório e urânio contra a espoliação estrangeira. Neste contexto o Almirante defendeu a tese das compensações específicas, o que valia dizer que nenhuma transação comercial com minerais estratégicos (termo cunhado por Álvaro Alberto) deveria se realizar contra pagamento em dólares, mas sim na base de troca de tecnologia.

As resistências do Almirante Álvaro Alberto foram insuficientes para impedir a tomada de assalto das jazidas brasileiras pelos norte-americanos que, já em 1952, importavam de uma só vez toda a cota de tório que lhes fora garantida para dois anos de acordo.

A inflexibilidade dos norte-americanos, amarrados pela força do “McMahon-Act”, inviabilizava qualquer cooperação com o Brasil. A pretendida cooperação, entretanto, era uma ilusão que o enviado americano para liberar a política de exportação de minerais, Gordon Dean, insistia em alimentar. Em virtude, disso o Almirante Álvaro Alberto pediu autorização ao governo brasileiro para encetar negociações com outros países. Em missão do CNPq ele viajou para a Europa onde faria contato na França e na Alemanha ocupada pelos aliados.

Na França, negociou a aquisição de uma usina de yellow cake e, na Alemanha, propôs que os cientistas alemães em atividade à margem da legalidade aliada, fornecessem ao Brasil a tecnologia de enriquecimento de Urânio rejeitada pelos americanos.

Neste ponto, a missão do Almirante Álvaro Alberto tomava aspectos de missão secreta, na medida em que suas ações

passavam a ignorar outras instâncias decisórias, como o Conselho de Segurança Nacional, o Departamento de Produção Mineral e o Estado Maior das Forças Armadas, pois, para completar sua tarefa, isto é, transferir os protótipos das centrifugadoras de urânio para o Brasil, ele dependia de uma diplomacia secreta à margem do Ministério das Relações Exteriores do Brasil. A embaixada brasileira em Bonn recomendou que se aguardasse o estabelecimento da plena soberania da Alemanha Ocidental, quando então seria possível a importação das centrifugadoras.

Formalmente o CNPq aceitou a recomendação, mas Álvaro Alberto solicitou a Getúlio Vargas uma autorização especial no sentido de que o Ministério das Relações Exteriores apoiasse o embarque secreto das máquinas.

As centrifugadoras foram apreendidas em Göttingen e Hamburgo pelo Military Security Board, menos de 24 horas após esta consulta. O plano do golpe feito contra a encomenda fora forjado pela Comissão de Energia Atômica dos EUA (USAEC). Álvaro Alberto, ao contatar o presidente desta Comissão, Lewis Strauss, não recebeu deste nenhuma esperança de que as máquinas apreendidas pelos aliados fossem liberadas. Por outro lado, Strauss, habilmente, contra-atacaria em uma oferta de ajuda dos EUA nos moldes permitidos pela política nuclear americana. Álvaro Alberto, mais uma vez, repetiria os desejos de seu governo: usinas de enriquecimento, uma fábrica de produção de hexafluoreto de urânio, além de reatores de pesquisa.

A rejeição da USAEC fez o Almirante voltar de mãos vazias e o passo seguinte foi sua exoneração do CNPq, em março de 1955. Logo em seguida à sua demissão, em agosto de 1955, é firmado com os E.U.A o Programa de Cooperação para o Reconhecimento dos Recursos de Urânio no Brasil. Em meados de 1956 é instalada uma Comissão Parlamentar de Inquérito para investigar o problema da energia atômica no país, especificamente, com relação a possível demissão do Almirante ter sido motivada por pressões norte-americanas explicitadas em quatro documentos secretos, oriundos da diplomacia americana e a conseqüente aceitação das condições de negociação dos EUA com a mudança da política brasileira na exportação de minerais estratégicos.

3.2.2 - Migalhas dos EUA

A CPI recomendou a revisão de acordos internacionais prejudiciais ao país e o governo, então, nomeou uma comissão interministerial, cujas diretrizes, aprovadas pelo Conselho de Segurança Nacional, estabeleciam que “o ponto fundamental da política nuclear deverá ser produzir, no país, combustíveis nucleares sob total controle e propriedade do governo”.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), desmembrada do CNPq em 1956 para executar a política nuclear já citada, estabeleceu estreita colaboração com os Estados Unidos, através de acordo de cooperação nuclear dentro do programa Átomos para a Paz. O Brasil adquiriu pequenos reatores de pesquisa e treinamento que foram espalhados em 7 estados diferentes. A CNEN, numa política errônea de dispersão de esforços, não soube mobilizar os cientistas e técnicos nacionais em torno da Energia Nuclear.

Nesta fase perdemos iniciativas promissoras como foi o Grupo do Tório, no qual entre 1955 e 1960, um grupo do Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte conseguiu desenvolver um projeto de um reator alimentado a tório. Pronto o trabalho, o grupo foi dissolvido. Segundo o relatório final do Grupo do Tório, “foi desenvolvido o projeto preliminar de referência de um reator (...). A tecnologia ligada ao projeto poderá ser desenvolvida no Brasil já que não é muito complexa (...) Tudo indica que o mais apropriado para o país é a opção urânio natural, seguida de opção plutônio-tório para o prazo mais longo”.

3.2.3. - Os Passos em direção à construção de usinas —pressão americana

Sem entrar no mérito da discussão entre urânio natural e urânio enriquecido, que apresenta contornos próprios e cuja decisão, anos mais tarde, pelo governo brasileiro foi precedida de estudos preliminares detalhados, é interessante notar que na época a CNEN com forte influência ainda dos acordos de 1955

com os norte-americanos, preferiu sequer incentivar os estudos de uma opção que, se por um lado possuía também dificuldades como a produção de água pesada, por outro tinha alguns aspectos claros, de menor dependência no suprimento de combustível e algum contorno de soberania tecnológica.

Um estudo oficial definiu uma conceituação básica para o projeto da central nuclear da região sul do Brasil. Segundo este estudo a central nuclear deveria ter como finalidades principais:

1. demonstrar a viabilidade técnica e econômica da energia
2. produzir material físsil para o futuro;
3. iniciar a implantação de uma indústria nuclear no país.

Em 1968, entre as opções de reatores a Água leve (EUA), e a gás grafite (França e Inglaterra) e Água pesada (Canadá e Suécia), foi escolhida a opção urânio enriquecido, sob a razão principal de adoção de tipo de reator comprovado tecnicamente, à vista do vulto dos investimentos e da importância da central como fonte confiável do suprimento do sistema elétrico brasileiro.

Em julho de 1972, o Brasil assinava um contrato com a empresa Westinghouse, dos EUA, que assumiu o compromisso de construir a primeira usina nuclear de potência no Brasil. Neste contrato, as amarras dos EUA eram pesadas, não deixando muita liberdade para o crescimento da tecnologia nuclear no Brasil. Desta forma, era previsto o fornecimento de 500 t de urânio enriquecido para ser queimado, no reator, no prazo de 30 anos e o governo dos Estados Unidos teria direitos, tais como:

1. examinar o projeto de qualquer reator;
2. examinar outros equipamentos e artefatos cujo projeto tenham, ao juízo da comissão regulatória americana, relevância para aplicação de salvaguardas.

Além desta grave disposição unilateral, os EUA se asseguravam, ainda, o direito de designar o pessoal que “terá acesso à República Federativa do Brasil a todas as instalações e a todos os dados necessários para o inventário de material fértil e do material nuclear.”

O país não poderia alcançar, evidentemente, nenhum desenvolvimento no setor nuclear com tais amarras políticas.

3.2.4 - A caminho do acordo com a Alemanha

Em 1973 e 1974 a CNEN, através de sua subsidiária, a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), criada em 1971, realizou estudos de viabilidade referentes à introdução da tecnologia nuclear em larga escala no país. Como resultado destes estudos foi estabelecida uma estratégia de implantação de Centrais Nucleares que resultou na criação das Empresas Nucleares Brasileiras, oriunda da CBTN e que seria a empresa holding encarregada de implantar no país uma indústria pesada para a fabricação de reatores e uma indústria abrangendo todas as etapas do chamado ciclo do combustível, para proporcionar uma capacidade nuclear de eletricidade.

A estratégia definida nos estudos da CBTN e adotada pela nova empresa holding do setor, optou pelo modelo de transferência de tecnologia, sendo interessante frisar que Angra I foi um empreendimento fora desta estratégia de implantação de tecnologia nuclear e transferência de tecnologia, tendo sido um empreendimento turn-key

A partir desse ponto, as negociações que vieram a se concretizar, em 1975, na assinatura do Acordo com a República Federal da Alemanha, foram feitas no maior sigilo, para evitar as experiências anteriores em que interferências externas a nossa soberania impediram nosso desenvolvimento neste setor.

3.2.5 - Novas pressões americanas

As pressões dos norte-americanos, já tão nossas conhecidas, não demoraram, através do Senado dos EUA e até mesmo durante a campanha presidencial do candidato Jimmy Carter.

O Brasil havia rompido negociações com os EUA meses antes do Acordo com a Alemanha, em razão de as empresas americanas não poderem legalmente realizar as seguintes transações:

1. produção/participação de material nuclear fora dos EUA;
2. construção de instalação para o processamento de elementos irradiados ou para a produção de Água pesada;

3. construção de instalação ou fornecimento de peças para a separação isotópica;

4. prestar auxílio aos estrangeiros na compra, projeto ou instalações para o enriquecimento de urânio e processamento de material irradiado.

No início de 1977, o governo Carter ameaçou colocar em prática um “programa de estágios repressivos” caso os parceiros do Acordo não aceitassem condições americanas constituídas do seguinte elenco de possíveis propostas, algumas mutuamente exclusivas:

1. participação americana no Acordo e no processo de transferência de tecnologia do enriquecimento e reprocessamento de urânio;

2. usina de reprocessamento construída num país neutro, do continente latino americano, e submetida ao controle internacional;

3. se a usina fosse construída no Brasil teria que ser submetida aos controles complementares do sistema da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA);

4. propunham a formação de um cartel internacional de empresas construtoras e vendedoras de tecnologia nuclear, proporcionando uma margem de lucro ao setor, de forma que pudesse dispensar os acordos de exportação desta tecnologia aos países em desenvolvimento.

O programa de represálias constituía-se de:

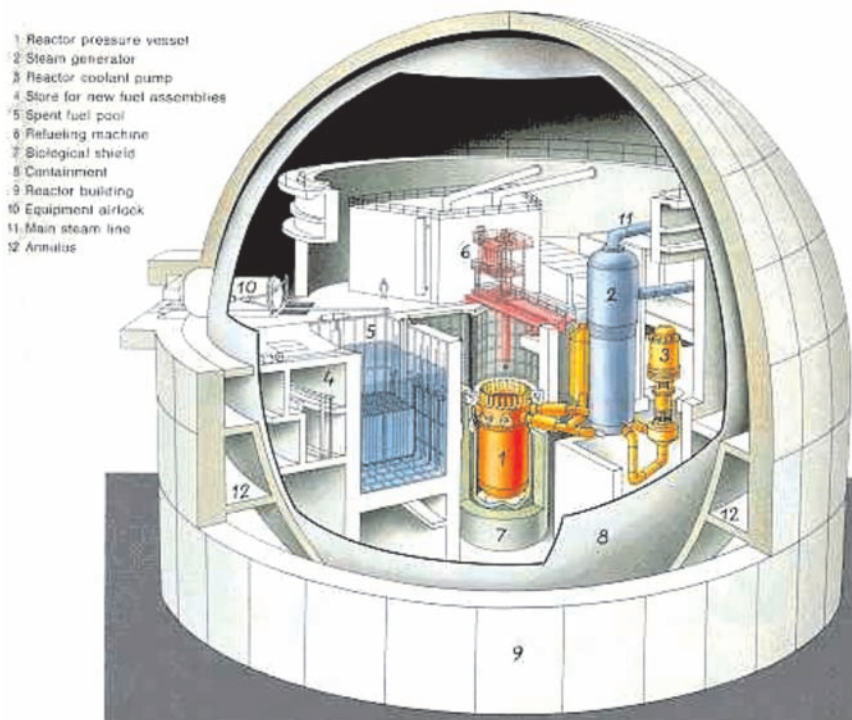
1. Levantar pesadas barreiras alfandegárias contra produtos alemães e brasileiros no mercado interno americano;

2. Bloquear a exportação de produtos dos quais havia dependência no Brasil e na Alemanha;

3. Bloquear o acesso do Brasil aos mercados financeiros;

4. Embargar o fornecimento de urânio enriquecido e em forma natural que já tinha sido contratado com a Alemanha;

5. Demagogicamente, ameaçar a retirada das *tropas de proteção* norte-americanas sediadas em solo alemão.



Corte do Edifício do Reator, Usina Tipo Angra II

3.2.6 - Acordo com a Alemanha

As diplomacias brasileira e alemã resistiram às pressões dos EUA e, através da Nuclebrás, o Acordo Brasil-Alemanha para implantação de tecnologia nuclear no Brasil foi iniciado. O artigo 1 do Acordo diz que “o Brasil e a RFA fomentarão a cooperação entre instituições de pesquisa científica e tecnológica e entre empresas dos dois países, abrangendo o seguinte:

1. prospecção e processamento de minerais de urânio;
2. produção de compostos de urânio;
3. produção de reatores nucleares e outras instalações nucleares bem como seus componentes;
4. enriquecimento de urânio e serviços de enriquecimento;
5. produção de elementos combustíveis;

6. reprocessamento de combustíveis irradiados”.

Essa cooperação implica intercâmbio de informações tecnológicas, sendo o Brasil co-proprietário das mesmas. A partir do Acordo foram criadas, como instrumento de implementação, as seguintes empresas binacionais:

1. NUCLEP-Nuclebras Equipamentos Pesados

2. NUCLAM-Nuclebrás Auxiliar de mineração

3. NUCLEN-Nuclebrás Engenharia S/A

4. NUCLEI-Nuclebrás Enriquecimento Isotópico

5. NUCLEMON-Nuclebrás Pesquisa de Tório e Areias Monazíticas S/A

6. NUSTEP-para o desenvolvimento do processo jato centrífugo de enriquecimento

As dificuldades financeiras impostas ao Brasil, concorreram, a partir de 1983, para reduzir o ritmo, principalmente das usinas nucleares de Angra II e Angra III. As usinas 4 e 5, previstas inicialmente no Acordo e cujos sítios chegaram a ser definidos tiveram seus cronogramas congelados em 1983 e a concorrência para entrada da contratada para a construção civil, cancelada.

Iríamos iniciar um período abrangendo três presidentes da república, onde a indecisão do governo na tomada de uma decisão política deixaria o Programa Nuclear, especificamente, no que concerne à construção de usinas nucleares, praticamente estacionado por longos 13 anos.

De lá para cá ocorreram muitas mudanças institucionais, algumas frutos do casuísmo típico da política brasileira, outras necessárias para correção de rumos e busca de equações financeiras que permitissem dar continuidade ao que restava do programa nuclear.

3.2.7 - Um período sem decisão política

Com o início da chamada nova república e o fim do ciclo de governos militares em 1985, foi criada uma comissão de alto nível para avaliação do Programa Nuclear Brasileiro, cujo relatório final, em 1986, apresentou as seguintes principais conclusões gerais:

1. As aplicações pacíficas da energia nuclear assumem importante e crescente papel no desenvolvimento social

e econômico dos povos e vem promovendo profundas alterações na distribuição de poder entre as nações. Entre as aplicações do domínio do núcleo atômico, avulta, pela escala de produção, complexidade e volume de recursos envolvidos em seu desenvolvimento, a implementação da geração nucleoe elétrica que, mundialmente, já apresenta 18% da geração de eletricidade.

2. A tecnologia nuclear faz apelo aos mais diversos setores industriais de ponta, exigindo níveis de qualidade e segurança tais, que seu domínio propicia grandes benefícios à sociedade como um todo. Ela não só participa cada vez mais da geração de energia elétrica, como promove a melhoria de qualidade de vida do homem através de suas múltiplas aplicações à medicina, agricultura e indústria.
3. O Brasil deverá atender suas necessidades energéticas futuras pelo uso cada vez mais intenso de fontes térmicas, notadamente do carvão e da energia nuclear, em face do esgotamento previsível de seu potencial hidroelétrico. Adotando-se projeções de demanda de energia elétrica mais conservadoras e os custos de geração eletronuclear mais elevados, o potencial hidroelétrico estará esgotado no ano 2016 necessitando-se, a partir desta data, de um mínimo de 3.000 MW/ano de origem térmica para o atendimento do mercado.
4. A auto-suficiência nacional no setor energético e o uso eficiente de formas pioneiras de geração de energia hoje em desenvolvimento serão alcançados mediante a implantação de intenso e coordenado trabalho de pesquisas científicas e tecnológicas, de pesquisas aplicadas e das empresas. A natureza multidisciplinar e o caráter universal do uso da energia exigem a mais forte interação de setores, que transcendem o campo energético, tal como ordinariamente compreendido. No caso da energia nuclear, este esforço deve ser dirigido não só para a apropriação, adaptação e nacionalização da tecnologia disponível através dos programas

estabelecidos de cooperação internacional, mas também para aquelas vias de desenvolvimento que se revelam promissoras para levar o país, no mais breve período, à independência tecnológica no setor.

5. A retomada do programa nuclear a um nível de atividades compatível com a complexidade técnico-científica, industrial e de segurança própria do setor nuclear demanda um esquema financeiro capaz de dar-lhe sustentação por períodos de tempo suficientemente longos para assegurar o seu êxito.

A Comissão de Avaliação do Programa Nuclear submete ao Presidente as seguintes principais recomendações:

1. Manter o Programa Nuclear Brasileiro em face da importância estratégica que o domínio pleno e autônomo da tecnologia nuclear deverá desempenhar no atendimento da demanda de energia elétrica e na ampliação de benefícios múltiplos, a medicina, a agricultura e a indústria nacionais.
2. O ritmo de desenvolvimento do programa deverá basear-se em um equilíbrio cuidadoso entre as necessidades de suprimento energético, os custos da energia proveniente das várias fontes alternativas e o domínio imperativo da tecnologia nuclear, indispensáveis ao fornecimento da energia de que necessitará o país a médio e longo prazos.
3. Manter as relações de cooperações sobre os usos pacíficos da energia nuclear com a República Federal da Alemanha, inclusive quanto às suas aplicações financeiras, levando em conta as modificações decorrentes do novo ritmo de implementação e da estrutura que venha a ser adotar para o Programa Nuclear Brasileiro.
4. À vista do adiantado estágio de avanço dos programas nacionais de aplicações pacíficas da energia nuclear no Brasil e da Argentina, que são largamente equivalentes, buscar intensificar a cooperação nuclear bilateral visando à promoção de empreendimentos conjuntos no campo dos usos pacíficos da energia nuclear, bem como o

estabelecimento gradual de um mecanismo de inspeção mútua, de tais atividades, nos dois países.

5. Quanto ao programa de construções de centrais de equipamentos pesados e a implantação do ciclo do combustível nuclear:
 - a) continuar os trabalhos de construção das usinas de Angra II e Angra III, obedecidos os cronogramas previstos para os seus términos (1992 e 1995), de modo a garantir o suprimento da demanda prevista tanto no Balanço Energético Nacional como no Plano de Recuperação do Setor de Energia Elétrica/84.
 - b) manter as atividades de fabricação de componentes pesados em um ritmo compatível com as necessidades das centrais em construção. Paralelamente, mediante um acordo com o setor privado, revisto do protocolo Nuclebras/ABDIB, devem ser buscados mercados complementares para os componentes referidos, tanto no país como no exterior.
 - c) prosseguir a implantação do ciclo de combustível nuclear adequando-o à demanda provável da geração nucleoe elétrica e promovendo sua nacionalização progressiva.

Apesar das conclusões e recomendações do Relatório de Comissão conhecido como Comissão Vargas (nome do cientista que comandou os trabalhos), os anos de 86 e 87 se passaram sem que medidas concretas com relação aos recursos do Tesouro Nacional fossem tomadas para operacionalizar as recomendações de retomada de ritmo na construção das centrais de Angra II e III. Os esforços entre a NUCLEBRAS e a ELETROBRAS foram somados, mas nada foi conseguido de efetivo na ocasião.

3.2.8 - O programa nuclear paralelo — um novo Almirante em cena.

No início da década de 80, o programa secreto da Marinha de Guerra, sob a direção do Almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, começou a tomar corpo, sobretudo depois de se verificar

que a pretensa transferência de tecnologia de enriquecimento de urânio através do processo de Jet Nozzle, que seria absorvida pela NUCLEBRÁS, se mostrava inviável. Durante essa década o programa nuclear civil é retirado de prioridade enquanto se intensificam as pesquisas paralelas em busca do domínio do ciclo do combustível nuclear. Das experiências dessa década, destaca-se a implantação do complexo de ARAMAR sob a área de influência da Marinha de Guerra que, com alocação de recursos financeiros, logrou grande desenvolvimento.

Em 4 de setembro de 1987, o Presidente da República do Brasil anunciou o domínio da tecnologia do enriquecimento de urânio pelo processo de ultracentrifugação dentro de um Programa coordenado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), executado em ARAMAR e com a participação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo (IPEN).

Este programa, contando com a participação também dos militares, principalmente, a Marinha, foi conhecido no país, até 1988, como Programa Nuclear Paralelo, para diferenciá-lo do Programa dito Oficial da NUCLEBRÁS. No entanto, como ambos são suportados pelo governo, ambos teriam que ser considerados oficiais.

O esforço da Marinha estava e continua até hoje orientado para a futura construção no país de reatores para equipar submarinos.

3.2.9 - A unificação dos programas

Em 16 de maio de 1988, uma portaria interministerial n.º 48, da Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional, criou um grupo de trabalho interministerial (GTI) com a finalidade de propor medidas para a viabilização econômica da conclusão de Angra II e III. Neste grupo todas as partes envolvidas foram incluídas o que não acontecera antes com a Comissão Vargas, onde não havia participação de membros do Ministério da Fazenda e Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

Os estudos do GTI foram sumarizados na Exposição de

Motivos Interministerial n.º 7 de 31/08/88 que apontava no seu item 5 os seguintes principais óbices decorrentes do modelo institucional vigente:

1. inviabilização da construção das usinas de Angra II e III;
2. aumento do risco de racionamento de energia elétrica na região sudeste;
3. deterioração do relacionamento com a parte alemã;
4. dependência exclusiva da NUCLEBRAS de recursos do Tesouro Nacional;
5. dificuldades de participação da iniciativa privada nas atividades do setor nuclear;
6. sentimento de que o Governo sustenta dois programas independentes, um civil e outro militar;
7. descrédito da sociedade na energia nuclear.

Como consequência do trabalho do GTI, o Presidente da República sancionou o Decreto-Lei 2464 de 31/08/88 que modificava integralmente a estrutura do setor nuclear brasileiro. As principais mudanças determinadas pelo decreto foram:

1. extinção da NUCLEBRAS;
2. Criação das Indústrias Nucleares Brasileiras, INB;
3. transferências do controle de todas as atividades do antigo Grupo NUCLEBRAS para a CNEN, com exceção daquelas relativas à construção de Angra II e III;
4. transferência da NUCLEN para a ELETROBRAS;
5. dissolução da NUCLAM e NUCLEI;
6. inclusão da NUCLEP e NUCLEMON nos programas governamentais de privatização.

Assim, foram extintas a NUCLEI, NUCLAN, NUCLEMON E NUSTEP. A NUCLEBRAS foi transformada nas Indústrias Nucleares Brasileiras, controlada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear — CNEN, englobando as funções do ciclo do combustível nuclear desde a mineração, passando pelo enriquecimento e atingindo a fabricação do combustível nuclear. O ciclo do combustível é hoje, de certa forma, fortemente influenciado pela área militar, através da SAE, tendo sido efetivado um acordo entre a Marinha (IPEN) e a INB para industrialização do processo de enriquecimento isotópico por centrífugas. Segundo informações oficiais da INB, dos US\$

290 milhões aplicados pelo Acordo Nuclear, na extinta NUCLEI, "apenas US\$ 75 milhões, que correspondem ao cerne da tecnologia jet-nozzle, ainda não foram totalmente reaproveitados".

A NUCLEP, também controlada pela CNEN, atua no setor de equipamentos pesados, com forte influência da Marinha na sua administração, que conta com seus recursos para a construção de cascos de submarinos.

A NUCLEN, transferida para a ELETROBRAS, veio em 1997 fundindo-se com Departamento Nuclear de Furnas, que cindindo-se de FURNAS, transformou-se na Eletronuclear, empresa projetista e operadora de centrais nucleares. A cisão da parte nuclear de FURNAS, contestada pela justiça, está ligada à privatização do setor elétrico, que não poderia ser efetivada, de acordo com a Constituição Federal, tendo as atividades nucleares em seu bojo.

Ao se analisarem os objetivos explícitos do Decreto-lei, vê-se que apenas o óbice D foi, em parte, removido. Em parte, pois a transferência das centrais para o setor elétrico não impediu a continuação das restrições orçamentárias que penalizavam estes projetos desde 1983. Como exemplo, a previsão orçamentária de 1989 e 1990 previa, respectivamente, US\$ 395 milhões e US\$ 592 milhões para Angra II e III. Foram gastos efetivamente US\$ 150 milhões e US\$ 198 milhões, sendo que a Furnas coube cerca de 12% a 19% destes recursos a título de verba de administração.

Houve uma evidente resistência por parte do setor elétrico ao recebimento da herança nuclear, pois o Decreto-Lei foi promulgado à revelia do setor elétrico que não queria aceitar os encargos financeiros adicionais decorrentes da absorção de Angra II e III.

Quanto aos objetivos secretos (?), podemos dizer que eles foram alcançados, pois ao mesmo tempo em que se oficializava um programa militar, colocavam-se sob o guarda-chuva da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, todas as atividades de pesquisa básica e industrial do setor nuclear.

Às vésperas da promulgação da Constituição de 1988, que limitaria o desenvolvimento da atividade nuclear à prévia autorização do Congresso Nacional, a NUCLEBRÁS é extinta e as até então atividades clandestinas são oficializadas e trazidas

ao conhecimento da sociedade brasileira através do Decreto-lei 2464 de 31 de agosto de 1988.

Em maio de 1990, novo grupo denominado GT-PRONEN foi formado, já então no governo Collor, numa clara demonstração de que o modelo estabelecido pelo Decreto-Lei 2464 não atingira os objetivos, permanecendo a falta de decisão política para equacionar de forma definitiva o setor nuclear.

Ao entramos, no governo Fernando Henrique, em 1994, completavam-se 19 anos desde a assinatura do Acordo Nuclear com a Alemanha e não possuíamos nenhuma usina dentro de seu escopo em operação comercial. Angra II ostentava o recorde mundial da usina nuclear com maior tempo de construção sem possuir, até aquela data, um cronograma firme de conclusão.

Talvez essa triste marca e o argumento do risco de racionamento na região sudeste, cada mês mais adquirindo força, fizeram com que, finalmente, o governo brasileiro decidisse pela conclusão de Angra II.

Em fins de 1994, meados de 1995, as equações financeiras e orçamentárias, elaboradas entre Furnas e a Eletrobrás permitiram autorizar a licitação pública para a contratação da montagem que vinha sendo frustrada desde 1982.

Um cronograma com término previsto inicialmente para junho de 1999, foi acertado e finalmente, em abril de 1996, foi assinado o contrato entre FURNAS e o Consórcio denominado UNAMON, para a montagem eletromecânica de Angra II. O cronograma contratual foi sucessivamente reformulado para meados de 2000 e finalmente a usina iniciou sua pré-operação comercial em julho de 2000, embora sem ainda ter equacionado o contrato de suprimento de energia para Furnas que não previa o faturamento da energia gerada por Angra II, contemplando apenas a energia gerada por Angra I.

3.2.10 - A decisão sobre Angra III

Hoje, decorridos 30 anos da assinatura do Acordo Brasil-Alemanha pode-se dizer que o que resta deste acordo é a usina de Angra II, que ficou pronta 25 anos após a assinatura do chamado “Acordo do Século” e Angra III ainda nas fundações.

O setor nuclear, na esteira das dificuldades da crise energética de 2001, conseguiu incluir, novamente na pauta energética a discussão da retomada das obras de Angra III, embora a construção desta usina, que demandaria ainda mais de 5 anos para entrar em operação, não possa ser apresentada como solução de curto prazo para os problemas de racionamento de energia.

Angra III, considerando-se os equipamentos já adquiridos, é considerada pela Eletronuclear como estando com um progresso de 30% na construção, mas não foi incluída nos relatórios mundiais da AIEA de 2002 (dados até dez 2001) como usina under construction talvez devido à indefinição quanto à retomada das obras.

Após a apresentação ao Comitê Técnico nº 2 do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, em 5 de dezembro de 2001, foram aprovados os estudos preliminares para a conclusão da obra da usina nuclear de Angra III, iniciada em 1983, paralisada após três anos e na qual já foram consumidos US\$ 750 milhões, devendo ainda demandar cerca de outros US\$ 1.75 bilhões para entrada em operação dentro de 5 anos e meio, caso se consiga um cronograma sem restrições financeiras. O custo da manutenção da obra parada é de US\$ 20 milhões por ano. Esta aprovação foi obtida após a quebra de resistências de membros do governo, como o ex-diretor da Agência Nacional do Petróleo - ANP, David Zylberstajn, do ex-presidente da Petrobras, Henri Reichstul, e finalmente o Ministro do Meio Ambiente, Sarney Filho, que acabou através do Conselho Nacional de Meio Ambiente aprovando o projeto e selando a questão no governo FHC.

Com a eleição de um novo governo, com política energética conhecidamente divergente da política do governo anterior, esta aprovação não é suficiente para determinar-se uma data para o reinício das obras, até mesmo porque a aprovação, mesmo no âmbito do governo FHC, dependia de aprovações complementares dos Ministérios, da Fazenda (MF), Planejamento, Orçamento e Gestão (MP), Minas e Energia (MME) e Meio Ambiente (MMA).

No ano de 2003 esperava-se selar, definitivamente, o destino das obras de Angra III. A partir deste ano, se ela tivesse

sido construída, já teria roubado de Angra II o título mundial de usina nuclear com maior tempo em construção.

Em setembro o debate ainda não havia chegado ao fim. Luiz Pinguelli Rosa, presidente da Eletrobrás, afirmou que, na nova matriz energética, que tem que ser pensada com o gás de São Paulo, não tem absoluta convicção de qual seria a posição de Angra III e propôs que a iniciativa privada viabilize a Usina de Angra III, com participação da estatal na gestão. Segundo explicou:

“A idéia é fazer uma empresa que teria um contrato com a Eletronuclear para que toda a energia de Angra III fosse dessa empresa e comercializada por ela. Seria uma empresa comercializadora, mas não como as existentes aí. Ela seria criada para viabilizar o investimento e teria a garantia de que por 20 anos, ou pelo tempo acordado, toda a energia produzida seria dela. A empresa ganharia vendendo energia!”.

Pinguelli Rosa disse não saber se a proposta é factível,

“... devido às complicações contratuais, pois os custos de transações disso é que podem ser impeditivos, mas há exemplos anteriores, como no caso de Serra da Mesa, que inspiram a possibilidade”.

A idéia se baseia na possibilidade de que a Framatone, empresa francesa que adquiriu o capital da Siemens, invista os US\$ 1.8 bilhões necessários à conclusão de Angra III.

As comissões de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias; e de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática da Câmara dos Deputados realizaram audiência pública para debater a política nuclear brasileira. O encontro atendeu a requerimentos aprovados nas comissões de autoria dos deputados Ronaldo Vasconcellos (PTB-MG), Edson Duarte (PV-BA), Sarney Filho (PV-MA), Fernando Ferro (PT-PE), João Pizzolati (PP-SC) e Renato Cozzolino (PSC-RJ).

O objetivo foi discutir a retomada do programa brasileiro e a construção de Angra III, comparecendo representantes dos ministérios do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia, e de Minas e Energia, da Eletrobrás, da Eletronuclear, da Comissão

Nacional de Energia Nuclear (CNEN), da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), além de organizações não-governamentais ambientalistas e sindicalistas. As primeiras informações publicadas na página da Eletronuclear, indicam que este foi um movimento do lobby pró-Angra III.

O lobby por Angra III, bastante ativo, programou em seguida novo evento; O seminário em Brasília, Tecnologia Nuclear □ Soberania e Desenvolvimento, realizado nos dias (30/09/03) e (1/10), “com o objetivo despertar a atenção das autoridades e da sociedade para a necessidade de dar prosseguimento ao Programa Nuclear Brasileiro”. Organizado pelas Comissões de Relações Exteriores e de Defesa Nacional; de Minas e Energia; e de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática, o encontro reuniu conferencistas que discutiram a importância da continuidade do Programa. Entre os temas, encontrava-se o Impacto dos Programas Nucleares no Mundo e o Impacto da Energia Nuclear na Indústria, na Medicina e na Agricultura.

Finalmente, 2003 ainda não foi o ano da decisão tão defendida pelo setor nuclear.

Embora esperada durante todo o ano de 2004 o governo federal deixou para 2005 a controversa decisão sobre a retomada das obras da usina nuclear de Angra III, no Rio de Janeiro. A expectativa era que o anúncio fosse feito ainda em dezembro, após a última reunião do ano do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), ocorrida dia 6. Mas ainda não há consenso sobre o tema. Pelo contrário. Enquanto o ministério de Ciência e Tecnologia torce para tirar a idéia do papel, a pasta de Meio Ambiente é contra. E a ministra Marina Silva pode contar com a então ministra de Minas e Energia, Dilma Rousseff, como aliada. Em entrevista dia 13/12/2004 ao programa Roda Viva, da TV Cultura, ela deixou claro que a energia nuclear “não é prioritária e não é uma opção sócio-energética para o país”.

3.2.11 – ANGRA III: dúvidas levantadas quanto à sua conclusão

Vamos neste tópico ponderar sobre o estágio atual, reunindo erros e acertos cotejados de frente com os aspectos econômicos,

de segurança, de risco de proliferação nuclear e da questão do repositório final de rejeitos radioativos e concluir nossa posição sobre a continuação da aventura nuclear brasileira.

Em 2002 a energia nuclear supria 17% do consumo mundial de eletricidade. Projeções indicam que o consumo mundial de eletricidade aumentará substancialmente nas próximas décadas, especialmente nos países em desenvolvimento, acompanhando o crescimento econômico e o progresso social. Entretanto, projeções oficiais apontam para um mero aumento de 5% na contribuição nuclear no ano 2020 (mesmo assim questionável), enquanto o uso da eletricidade poderá crescer algo como 75%. Estas projeções indicam uma pequena quantidade de plantas nucleares a serem construídas e refletem tanto considerações econômicas como um crescente sentimento antinuclear em países centrais. A perspectiva limitada para a energia nuclear hoje é atribuída, em última análise, a quatro problemas não resolvidos:

Custos:

Análise de custos da geração de origem nuclear, quando executada considerando custos reais sem qualquer favorecimento ou subsídio de governo, indicam que a opção nuclear tem custos totais maiores, considerando toda a vida do ciclo (projeto, construção, operação e descomissionamento), quando comparados com ciclos combinados de turbina a gás (CCGT) e carvão, embora o carvão não seja uma opção energética de produção de energia elétrica em massa a ser considerada na matriz energética brasileira.

Como a continuação deste programa passa, primeiramente, pela decisão do prosseguimento das obras de Angra III, é sobre esta atividade que temos que nos debruçar de início para chegar a conclusões sobre a continuidade da opção nuclear, pelo menos enquanto perdurar o estado atual da tecnologia nuclear.

Neste particular assume importância decisiva o cronograma de construção. A tradição brasileira mostra interrupções constantes no cronograma de construção devido a restrições orçamentárias. A continuação de Angra III, independentemente de outros fatores

que serão abordados somente deveria ser retomada se fossem garantidos os recursos necessários para uma construção contínua e programada para ser completada num prazo máximo de 5 anos.

Um estudo interdisciplinar, liberado em julho de 2003, pelo M.I.T., estabelece 6,7 centavos de dolar por kilowatt-hora como custo base para a energia nuclear, comparado com 4,2 centavos para o carvão e gás natural. Se se considerar o custo do controle de emissões poluentes o carvão salta para 5,4 centavos e o gás natural para 4,8 centavos.

Lógico, existem premissas e uma delas é o tempo de construção de 2 anos para as térmicas a gás e de 5 anos para as nucleares, cronograma que não tem sido compatível com a experiência brasileira de 25 anos de construção. Por outro lado, embora o estudo foque os custos de energia em todo o mundo, pode-se argumentar que não são condições brasileiras, ao que podemos contrapor que, com relação ao gás, dificilmente se encontram condições no mundo mais desfavoráveis do que este acordo de gás com a Bolívia. Já há quem afirme que o gás de Santos poderá chegar ao mercado consumidor a R\$ 0,20 por metro cúbico contra os 0,40 do gás boliviano.

Os custos da energia nuclear no Brasil não são transparentes e não embutem importantes fases do ciclo tais como o descomissionamento. Frequentemente se confundem, intencionalmente, custos operacionais (O&M) com custos de produção de energia, omitindo-se os custos de remuneração do capital ativo em serviço e por ai vai.....

Portanto, a continuação de Angra III exige que as questões de custos sejam devidamente conduzidas com análises claras e transparentes frente a opções energéticas de origem fóssil como o gás natural, em que pese sua grande vantagem de eliminação de do CO₂.

Segurança:

A energia nuclear tem sofrido arranhões adversos na sua imagem como opção energética segura para a saúde e o meio

ambiente, comprometendo-se de forma profunda nos acidentes dos reatores de Three Mile Island em 1979 e Chernobyl em 1986. A estes somam-se também outros acidentes menores nos E.U.A., Rússia e Japão. Existe também uma preocupação crescente com relação sobre o transporte seguro de matérias nucleares e com a segurança das instalações nucleares contra ataques terroristas;

Proliferação:

A energia nuclear encerra riscos potenciais de segurança notadamente através da possibilidade do mau uso de instalações nucleares com a finalidade de propiciar obtenção de tecnologia para a aquisição de uma capacidade nuclear militar. Ciclos nucleares que envolvem o reprocessamento químico do combustível utilizado para separar material utilizável em armas atômicas através de tecnologias de enriquecimento de urânio e plutônio são especialmente preocupantes;

Rejeitos:

A energia nuclear ainda não resolveu o desafio do gerenciamento a longo prazo dos rejeitos radioativos. Uma vez que estes rejeitos radioativos oferecem perigo para as gerações presentes e também futuras, continuar com os programas nucleares sem uma satisfatória solução para esta questão seria uma irresponsabilidade com o nosso presente e futuro. O Projeto americano de Yucca Mountain tem passado por muitas dificuldades devidas a esse aspecto.

Somente com a solução ou equacionamento destes 4 pontos poderia ser pensada a retomada de um programa nuclear. O Brasil, como país em grande parte dependente de tecnologia, para pelo menos 3 destes itens, — segundo a visão daqueles que são contrários ao prosseguimento do programa nuclear brasileiro — deveria sustar imediatamente a construção de Angra III até que melhores condições tecnológicas fossem alcançadas. O argumento freqüentemente utilizado da perda dos US\$ 750 milhões já investidos em Angra III não se sustenta, pois o prejuízo

pode ser bem maior, se não pararmos esta construção. Esta é uma visão, como já foi acentuado, dos que são contrários ao emprego da energia nuclear para gerar energia elétrica.

3.3 - Aceitação pública da energia nuclear

A questão da aceitação pública da energia nuclear, juntamente, com as pressões dos países desenvolvidos são as principais barreiras à implementação desta importante fonte energética nos países em desenvolvimento.

No entanto, é preciso que a comunidade nuclear destes países se conscientize no sentido de assumir uma postura correta com relação à comunidade científica, aos políticos, aos ecologistas e principalmente com a imprensa, tendo como resultado final uma mudança na sua postura.

Após a assinatura do Acordo Nuclear com a Alemanha, ficou patente, a julgar-se pela posição contrária de renomados cientistas do setor, o distanciamento entre as decisões de governo e a opinião dos membros dessa comunidade. Assim, citando entre os que alcançaram maior repercussão, nomes como José Goldemberg, Enio Candotti, Luiz Pinguelli Rosa, também muitos outros levantaram críticas severas à condução da política nuclear do governo militar da época do Acordo, embora seja necessário considerar-se alguns casos de manifesto ciúme, que até hoje é refletido na posição de alguns desses cientistas nucleares.

O desenvolvimento da tecnologia nuclear tem sido encaminhado de forma paralela para fins bélicos e pacíficos. Sempre paira uma dúvida entre as nações mais industrializadas, das intenções de países do terceiro mundo ao se aventurarem (segundo eles) pela estrada nuclear. Tem-se assim, que a energia nuclear divide com outras formas de energia uma importância estratégica muito grande e ao mesmo tempo a sua ligação bélica introduz uma dimensão que nenhuma das outras possui e que a diferencia, fortemente, outorgando-lhe uma condição especial.

Na mentalidade dos técnicos do setor nuclear, principalmente na década de 70-80, a maioria dos adversários da energia nuclear seria constituída de dois grandes segmentos: os desinformados e

aqueles regidos por interesses conflitantes com o resultado de uma política nuclear bem sucedida. Na medida em que se estivesse promovendo um enfoque proagente de informação ao público, em substituição ao enfoque reagente, que sempre predominou no passado, o número de adversários iria diminuir. Este enfoque vem sendo, parcialmente, adotado pelas entidades do setor nuclear, especialmente, desde 1988, pela Associação Brasileira de Energia Nuclear — ABEN que vem, paulatinamente, obtendo resultados positivos junto ao público e imprensa. Mas nesta abordagem não é considerada a parcela da sociedade que, sendo informada sobre o tema, não considera a energia nuclear como uma opção viável, seja por aspectos econômicos, ambientais ou estratégicos. Neste grupo se alinham os defensores das fontes renováveis de energia

No caso brasileiro, que não fugiu ao padrão errôneo adotado internacionalmente nos primórdios do desenvolvimento da indústria nuclear, as instituições que dirigem a política nuclear, ficaram durante muito tempo encasteladas e afastadas do debate, acomodadas ou amordaçadas pelos sucessivos governos.

As entidades do setor não possuíam competência para rebater muitos dos sofismas que eram lançados contra a condução da política e se encastelavam cada vez mais, complicando a situação e aumentando o descrédito da sociedade numa solução nuclear.

Um fato curioso é que a situação de descrédito, junto à opinião pública, que viveu o setor nuclear no Brasil nos anos 70, atingiu níveis consideravelmente graves porque a oposição ao Acordo Nuclear serviu como um dos catalisadores dos primeiros passos da sociedade civil contra o alardeado cerceamento imposto à liberdade de opinião pelo regime da época. Este simbolismo fez com que a oposição ultrapassasse os limites estritos da questão nuclear. Não se estava discutindo apenas entre opções técnicas, discutia-se o direito de a sociedade civil em manifestar-se nas questões de seu interesse. Dentro desse contexto, o espaço oferecido na imprensa em geral para esse tema foi surpreendente se comparado a outros temas até de maior importância e impacto na opinião pública.

Por outro lado, embora os estudos estratégicos preliminares do Programa Nuclear Brasileiro indicassem como aspecto importante a integração do Programa com o Plano de Geração Elétrica da ELETROBRAS, esta integração não acontecia e os técnicos da ELETROBRAS alimentavam, dentro da própria empresa, posições antagônicas com relação à geração nucleoe elétrica.

Somente a partir de 1988 a aproximação do setor nuclear com o setor elétrico começou, com muita dificuldade inicialmente, a se efetivar na busca de soluções para o equacionamento do problema de recursos financeiros internos para o Programa.

A lição que se tem que aprender, dos rumos tomados pela questão da aceitação pública da energia nuclear no Brasil é natural, simples e óbvia e está agregada aos alicerces de uma sociedade em demanda de desenvolvimento. É necessário exercitar o debate com os diversos segmentos da sociedade para a condução de uma política de tal importância.

O Estado democrático moderno precisa estabelecer claramente os limites entre sigilo e clandestinidade. Após uma discussão aberta com a sociedade, os detalhes de uma política maior previamente aprovada poderão sofrer sigilos de estado sem que isto seja agir na clandestinidade. A situação final, na qual esse debate venha a negar o aval para uma política nuclear, é um risco que o Estado democrático moderno tem que saber enfrentar.

O debate servirá também para avaliar se a sociedade e o setor nuclear estão preparados para conviver com todas as situações que podem ser criadas com a geração de potência nuclear em larga escala.

O eufemismo latente nas informações oficiais do setor nuclear mostra, que alguns de seus dirigentes ou porta-vozes ainda não aprenderam a exercitar esse debate com a sociedade e continuam encastelados. Exemplo disso são os esclarecimentos das notícias sobre dificuldades de operação de Angra I veiculados no início de julho de 1999 no incidente em Angra I, em maio de 2001.

Analisemos, por exemplo, um instrumento que pode ser muito valioso para conhecermos a política e o desenvolvimento das atividades de geração nuclear no país, mas que não está sendo usado como deveria ser, o endereço eletrônico da [Eletronuclear](#).

Por definição, a Internet é um espaço onde se pode oferecer transparência real, mas este mesma Internet pode servir para fingir transparência. Quem deseja fornecer informações de maneira fácil e objetiva, não disponibiliza relatórios anuais e de gestão, na forma apresentada no sítio oficial da Eletronuclear. Quem quer realmente oferecer dados e confia nestes dados, oferece ao visitante relatórios para download (como faz a [AIEA](#)), ao invés de colocá-los em uma versão roll up & down, que além de dificultar a leitura é bastante inadequada para aqueles que não dispõem de conexões rápidas. Dificilmente alguém com um computador não dotado de muita memória RAM, acessando a Internet através de conexão discada, conseguirá ler com facilidade estes relatórios. Mesmo acessando por banda larga com 256 Kb, não terá facilidade em ler os relatórios. Voltar a uma informação anteriormente lida, requer uma boa dose de paciência e, estranhamente, não existe nenhuma opção para impressão. Além disto, o sítio eletrônico, repleto de figuras, parece uma árvore de natal, de novo complicando para a grande maioria que não dispõe de conexões de banda larga. (Este problema foi sanado na nova versão do endereço. O relatório de 2003 já foi apresentado em pdf sem as janelas roll-up&down).

Pior do que dificultar a leitura e a impressão ou recuperação das informações é induzir a conclusões erradas. A forma como é apresentado o custo de produção (Operação, Manutenção e Combustível) na Central Nuclear de Angra, induz ao leitor menos informado que este seria o custo total de produção da energia nuclear a ser cotejado com outras formas alternativas de energia. Não existe nenhuma nota ou outra seção que explique que o custo total da geração nuclear leva em consideração também o período de implantação do empreendimento com os intensivos custos de capital, que no Brasil têm anulado a competitividade do custo do combustível, além de ter que incorporar custos de outras fases do ciclo do combustível nuclear (front-end e back end). Os custos e decisões sobre a fase back-end, reprocessamento e/ou repositório final, nem sequer estão ainda equacionados no Brasil e, portanto, pouco se conhece efetivamente destes custos.

Portanto, ao tratarmos do custo final da energia gerada por fonte nuclear em nosso país não podemos ficar

atrelados a apresentações da competitividade destes custos internacionalmente, como no Japão em que os tempos de construção têm sido inferiores a cinco anos, mas sim levar em conta as peculiaridades inerentes a um país como o nosso, carente de recursos financeiros necessários na fase inicial e final do ciclo de vida de uma central nuclear.

Estará a Sociedade Brasileira, que ainda não solucionou problemas mais simples como a disposição final de simples baterias de telefones celulares e aparelhos elétricos, pronta para discutir de maneira séria e sem corporativismos a questão nuclear? Fica a interrogação.

3.4 - Privatização do Setor Elétrico e do Setor Nuclear

Em meados de junho/2000 o governo anunciou uma nova metodologia para a privatização do setor elétrico, privatização esta, que estaria adiada para 2001. Por este novo esquema a empresa FURNAS não seria mais dividida em duas empresas geradoras a serem privatizadas e em uma terceira empresa de transmissão não-privatizável. Pela nova metodologia, FURNAS seria dividida apenas em uma empresa geradora e uma empresa de transmissão e ambas seriam privatizadas. Seria utilizada a pulverização de ações no mercado e o governo estaria estudando uma maneira de manter algum controle que permitisse influir na definição das políticas estratégicas das empresas. Em 07/02/2001 O Presidente da Eletrobrás declarou que o modelo de privatização ainda não estava definido. A maior dúvida continua sendo se a estatal será vendida por inteiro, ou se o leilão se fará em dois blocos: a parte de geração sendo privatizada separadamente da de transmissão. Firmino Sampaio, mesmo assim, declarou que acreditava que a empresa fosse vendida ainda naquele ano (2001)² A manutenção deste tópico deve-se mais a um registro histórico, pois o quadro mudou inteiramente e estas metodologias viraram páginas da história da energia elétrica no Brasil.

O Plano de Racionamento, iniciado em junho/2001 com os conseqüentes riscos de Apagão. foi enviado para a geladeira, no

² Notícia publicada no Jornal do Brasil, março de 2002

âmbito do governo FHC, e a eleição de Lula em 2002, sepultou, definitivamente, a continuidade deste processo, visto que seus assessores na área energética sempre se manifestaram contra a privatização do setor e começaram na alvorada do novo governo a colocar isto em prática.

3.5 - Razão da cisão nuclear

Além da cisão de Furnas em mais de uma empresa geradora e uma empresa de transmissão, como veremos abaixo, o modelo governamental (FHC) para o processo de privatização do setor elétrico passou, preliminarmente, pela cisão da parte nuclear de FURNAS visto que, pelo estabelecido na Constituição Federal, as atividades nucleares são patrimônio do Estado.

Para permitir a privatização de FURNAS foi necessário separar-se a parte nuclear, constituindo-se uma nova empresa que não será privatizada. Essa empresa é hoje a ELETRONUCLEAR, criada, em 1997, a partir da cisão do Departamento Nuclear de FURNAS, que se uniu à antiga NUCLEN Engenharia S/A. A ELETRONUCLEAR passou, então, a ser a responsável pela operação de Angra I e pela construção e futura operação de Angra II. Apesar dos vários anos decorridos, com o esquema já em operação, a decisão judicial definitiva ainda não foi estabelecida. Porém, pela tradição da justiça brasileira, é praticamente impossível a reversão da cisão. O questionamento principal se referia à possível incapacidade financeira da empresa arcar com os custos de operação de Angra I e ainda com os de construção de Angra II, mesmo sem levarem-se em conta os custos de uma possível retomada da construção de Angra III.

Para o ILUMINA, Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Elétrico, as seguintes condições teriam que ter sido satisfeitas antes que uma cisão das atividades nucleares pudesse ocorrer:

- existência de fonte de recurso confiável para o custeio operacional das atividades de Angra I, amparada quer em contrato de venda de energia econômica e institucionalmente factíveis, quer em subsídios explícitos

- aprovados pelo Congresso Nacional, em substituição ao atual aporte de recursos de FURNAS;
- existência de linhas de crédito para a conclusão de Angra II a custos compatíveis com as reais perspectivas de retorno, também em substituição ao atual aporte de recursos de FURNAS;
 - existência de retaguarda financeira que funcionasse como reserva de contingência para perturbações no fluxo de receitas proveniente de eventuais interrupções na operação de Angra I, quer por questões ambientais, quer por questões ligadas ao seu desempenho técnico.

3.6 - Um novo cenário no Brasil?

Um novo cenário parece ter sido colocado à mostra durante o Seminário Internacional sobre Direito Ambiental e os Rejeitos Radioativos, promovido pela Procuradoria da República no Rio de Janeiro, nos dias 5 e 6 de outubro de 2000. O seminário contou com a presença do Prof. Michel Prieur da Universidade de Limoges/França e com a participação de várias autoridades e especialistas da área nuclear no Brasil. Entre estes o Deputado Federal Luiz Sergio Nóbrega de Oliveira, o Deputado Estadual Carlos Mink, o professor Luiz Pinguelli Rosa da COPPE/UFRJ, o Prof. Paulo Affonso Leme Machado, Doutor Honoris causa pela UNESP e professor convidado na Universidade de Limoges/França, Luiz Henrique Gonçalves de Moraes , Superintendente de Suporte Técnico da Eletronuclear, Marcos Ferreira Meirelles, Consultor da Empresa Mercados de Energia S/A, Airton Caubi da Silva, Diretor de Radioproteção da CNEN, Telma Maria Marques Malheiros, Chefe do Escritório de Licenciamento das Atividades de Petróleo e Nuclear do IBAMA, Ninom Machado de Faria Leme Franco, Presidente da Associação Brasileira de Direito Nuclear, Fernando Cavalcanti Walcacer, Procurador do Estado do Rio de Janeiro, Ana Bandeira de Carvalho, psicóloga, Oscar Graça Couto, Professor da PUC/RJ, Professor Anselmo Páscoa da PUC/RJ e diversos Procuradores da República que compuseram às mesas de debates como presidentes de mesa, coordenadores de debates ou relatores.

Os debates contaram com maciça presença de público lotando o auditório da Procuradoria da República no Rio de Janeiro e as repercussões foram sentidas quase que imediatamente. O Seminário iniciou-se no dia 5/10/2000 com uma palestra do professor Michel Prieur da Universidade de Limoges/França sobre a Política Nuclear Francesa: Aspectos Jurídicos. Em sua fala o professor Prieur afirmou estar a energia nuclear em franco declínio na Europa com diversos países assumindo compromisso de saída da opção nuclear. A principal razão apontada está relacionada com a falta de solução para o problema dos depósitos finais de rejeitos de alta radioatividade e o conseqüente problema ético que seria legado às futuras gerações.

No dia seguinte o Estado de São Paulo publicou nota sobre a reunião repetindo as afirmações do professor Prieur. No domingo dia 8/10, matéria no jornal O Globo dava informações sobre possível rompimento do Acordo Nuclear Brasileiro, por parte dos alemães devido a pressões dos verdes que integram a coalizão do governo alemão. O presidente Fernando Henrique, em viagem à Alemanha, visitando a feira brasileira em Hanover, proferiu comentários reticentes quanto à continuação de Angra III.

Uma das mais importantes discussões realizadas no Seminário foi relacionada com o Projeto de Lei 189 de 1991 que dispunha sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes a depósitos de rejeitos nucleares e que acabou se transformando na Lei 10.308 de 20 de novembro de 2001.

O projeto de Lei, que tramitou no Congresso por 12 anos até ser transformado em lei, foi duramente criticado, pelos presentes, especialmente, pelo professor Paulo Affonso Leme Machado e pelo Deputado Carlos Mink. O professor afirmou ser o então projeto um “cheque em branco” para a Comissão Nacional de Energia Nuclear, colocando na cabeça de quatro diretores dessa instituição o destino das gerações futuras quanto a possíveis efeitos da radiação ionizante. O Deputado Carlos Mink fez inúmeras críticas ao projeto em especial à manutenção das atividades de fomento e fiscalização dentro de um mesmo órgão,

a CNEN. O Deputado Mink também citou o absurdo do fato de existirem cerca de 30 depósitos de rejeitos radioativos no Brasil, e do órgão licenciador ambiental, o IBAMA, reconhecer somente 9 e apenas ter licenciado 1, o localizado em Goiânia e que recebeu os rejeitos do acidente com Césio 137 em 1987. De uma maneira geral, a independência das funções de fomento e fiscalização foi repetidamente sugerida, algumas vezes de forma veemente, como a intervenção do professor Anselmo Páscoa da PUC/RJ, ex-presidente da CNEN.

O fato é que estava sendo discutido um projeto absolutamente ineficaz e que não traria; qualquer avanço para a solução dos rejeitos radioativos. O engavetamento deste projeto 12 anos no Congresso é uma marca da irresponsabilidade da Política Nuclear Brasileira. Não existia no projeto, agora lei, qualquer especificação que defina parâmetros para a localização de tais depósitos. Este projeto, conforme conclusão do Seminário, era realmente um cheque em branco para a CNEN. Estranhamente, de acordo com o art 37 do projeto, agora da lei, a CNEN deverá iniciar estudos para a seleção do local, projeto, construção e licenciamento dos depósitos. Estudos estes que já estão definidos na própria Constituição Federal que exige o relatório de Impacto Ambiental como também o obriga a Lei 6803.

Outro aspecto não abrangido pelo então Projeto de Lei referia-se ao chamado Programa Paralelo efetuado pelos militares e em particular pela Marinha, que alcançou êxito no enriquecimento de Urânio. Segundo alguns setores, a área militar da pesquisa nuclear não admitiria ser fiscalizada pelo CNEN, argumentando que a lei devia ser abrangente.

Sem entrar no mérito da questão, independentemente da abrangência necessária, julgamos que as inspeções deverão ser feitas por órgãos competentes envolvidos no assunto, e devem preservar o sigilo necessário aos interesses e à segurança do Estado.

Os relatórios do encontro foram entregues pela Procuradoria Federal ao senador Pedro Simon, relator do projeto no Senado Federal, que pediu em 24/10/1991, um ano depois, que o substitutivo vindo da câmara fosse examinado pela Comissão de

Constituição, Justiça e Cidadania, mas o pedido do senador foi rejeitado pelas lideranças do Governo, PFL e do PSDB e o projeto foi aprovado por 31 votos a favor e 19 contra com 3 abstenções indo para sanção do Presidente da República, que fez a promulgação da Lei 10.308 em 21/11/2001.

As repercussões provocadas pelo Seminário e por suas conclusões desencadearam algumas ações corporativas de alguns segmentos da comunidade nuclear. Um exemplo foi a tentativa chula de panfletar, no recinto da Procuradoria, um comunicado claramente xenófobo e descortês para com um professor convidado, reconhecidamente uma das maiores autoridades mundiais em Direito Ambiental e que em sua fala apenas referiu-se a aspectos da política nuclear francesa, não tendo em nenhum momento se imiscuído em política brasileira, abstendo-se inclusive de forma polida, de responder algumas perguntas que encerravam algum conteúdo de política interna brasileira.

Obviamente, o panfleto não teve sua distribuição autorizada nos recintos da Procuradoria Federal.

A Sociedade Brasileira vem evoluindo na discussão dos temas nacionais e encontros como este só têm a contribuir para uma discussão séria da Energia Nuclear em nosso país, não existindo mais lugar para atitudes herméticas. Sob essa óptica, alguns defendem que decisões sobre investimentos em um submarino nuclear para a Marinha passem pelo crivo do Congresso Nacional.

3.7 - Fontes de energia

3.7.1 - Contexto histórico

No princípio, o ser humano utilizava os seus músculos para realizar trabalhos com o intuito de gerar energia utilizando seus equipamentos rústicos. Após, então, começou a utilizar o fogo com pedras e madeiras, por volta de 50.000 aC. Entre 10.000 a 5.000 a.C, ocorreu a chamada revolução neolítica, onde o homem aprendeu a domesticar certos animais, que passaram a servir como fontes de energia; utilizou, também, certos vegetais,

surgindo a agricultura e a possibilidade de uso da biomassa como fonte de energia (embora tenha sido possível aproveitar com maior eficiência a energia dos vegetais).

A utilização da força do vento, principalmente para a navegação, deve ter começado em torno do ano 2000 aC. O aproveitamento da água, da força hidráulica para mover moinhos, iniciou-se em torno do século II aC. A partir do ano 1000 d.C., ocorreu a exploração mais intensa do carvão mineral (a hulha, inicialmente). A partir do ano 1700 d.C. surgem importantes inovações, ligadas à Revolução Industrial: a invenção da máquina a vapor foi seu acontecimento mais importante no que se refere às fontes de energia.

Por volta do final do século XIX, verifica-se o aparecimento da eletricidade, o desenvolvimento dos motores a gasolina ou demais derivados do petróleo e, dessa forma, um notável desenvolvimento nas explorações petrolíferas. Em meados do século XX, surge a energia nuclear, sendo que a fissura nuclear (princípio de obtenção da energia nuclear) foi utilizada inicialmente para fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial.

No final do século XX, despontaram novas fontes de energia que poderão no futuro desempenhar o papel que o petróleo desempenhou até o momento: a energia solar, a biomassa, a eólica.

3.7.2 – Energia: conceito

Energia significa capacidade de se realizar trabalho. O homem, por exemplo, utiliza a força dos músculos para fazer determinado trabalho; as máquinas de uma indústria necessitam de energia (eletricidade, por exemplo) para realizá-lo; e assim por diante.

Os combustíveis fornecem mais ou menos energia dependendo do seu poder calorífico. Por exemplo: 1 kg de petróleo fornece cinco vezes mais energia que a mesma quantidade de bagaço de cana, ao passo que 500 g de Urânio fornecem a mesma quantidade de energia que 6.000 barris de petróleo (1 barril = 158 litros).

PODER CALORÍFICO DE ALGUNS COMBUSTÍVEIS	
COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO (kcal/kg)
Petróleo (média)	10.320
Gás natural	9.164
Óleo cru	8.944
Carvão vegetal	6.780
Carvão mineral importado	6.192
Carvão mineral nacional	5.000
Lenha	3.280
Bagaço de cana	2.212

Fonte: Conforme Comitê Nacional Brasileiro da Conferência Mundial de energia

3.7.3 - Classificação das fontes de energia

Renováveis: assim chamadas porque nunca se esgotam, isto é, são fontes contínuas de energia. Por exemplo: solar, hidráulica, eólica, dos vegetais (lenha, carvão vegetal) e outras.

Não-renováveis: assim chamadas porque se esgotam com o uso. Compreendem os minerais energéticos e radioativos, como o carvão mineral, petróleo, xisto, urânio e tório.

Pode-se classificar, também, as fontes de energia em antigas ou arcaicas (força muscular animal e humana, fogo), modernas (carvão mineral, petróleo, hidroeletricidade e energia nuclear) e alternativas (energia solar, eólica, biomassa).

PETRÓLEO

É uma substância oleosa constituída basicamente por uma combinação de carbono e hidrogênio. É um hidrocarboneto líquido de densidade inferior à da água. Sua origem é orgânica, pois se trata de uma substância formada pela decomposição de restos de animais e vegetais em ambientes plantônicos (planctons são conjuntos de microorganismos que vivem em suspensão nas águas). O petróleo é subdividido em vários outros produtos como: Gasolina, gás de petróleo, querosene, óleo diesel, óleos combustíveis, óleos lubrificantes, asfalto, industria plástica, etc.

Obtenção: O petróleo pode ser encontrado em profundidades que variam desde algumas dezenas até centenas ou milhares de metros. Existem poços com profundidade de até 7.000 m. Até chegar ao consumidor final, o petróleo passa por várias etapas:

Pesquisa ou prospecção – É a fase inicial que corresponde à localização e avaliação das áreas petrolíferas, geralmente em bacias sedimentares terciárias.

Extração – Compreende a perfuração do poço e a extração propriamente dita. Após, procede-se ao transporte que geralmente é feito por oleodutos até as refinarias.

Refinação – É a fase em que o petróleo é transformado nas refinarias em subprodutos pelo processo de destilação para obtermos por exemplo, a gasolina, o óleo diesel, o óleo de cozinha, o querosene, etc...

Vantagens: As principais vantagens do petróleo são: ocorre sob a forma líquida, sendo por isso de mais fácil extração e transporte, é bastante versátil, isto é, tem aplicações muito diversificadas, possui maior poder calorífero que o carvão e é menos poluente que o carvão. **Desvantagens:** Suas principais desvantagens são o preço do produto no mercado e a quantidade finita do mesmo na natureza.

O petróleo começou a ser usado em nosso país na metade do século XX, e como todo país do sul sofre como o cartel dos países produtores. O petróleo é explorado no Brasil pela PETROBRAS que detém o seu monopólio desde meados dos anos quarenta no governo de Getulio Vargas. Nosso país ainda não é auto-suficiente³ em petróleo em relação a sua demanda, o que o obriga a importar quantidade deste produto.⁴ O petróleo é produzido no Brasil e suas principais bacias são: *Ceará* – Campo de Curimã, situado a 80 Km de Fortaleza e a 40Km do litoral, em águas de 47 metros de profundidade; *Rio Grande do Norte* – Campo de Ubarana, na plataforma continental ao norte do estado, descoberto em 1971, e que gerou a necessidade de implantação

³ A auto-suficiência do Brasil deverá ocorrer até JUN 2006.

⁴ As jazidas brasileiras são compostas, em sua maioria, por óleo pesado com alto teor de enxofre. A tecnologia de processamento de nossas refinarias é para óleos mais leves, o que nos leva a importá-los e exportar o pesado.

do Distrito de Produção da Bacia Potiguar; *Sergipe*: O campo de Guaricema foi a primeira jazida offshore a ser produzida no país; *Espirito Santo*: Na plataforma marítima do Espirito Santo, onde em 1968 foi perfurado o primeiro poço da Plataforma Continental Brasileira; *Rio de Janeiro*: Esta plataforma foi descoberta pela PETROBRAS, em 1974 e é a maior do Brasil com cerca de 31.200 Km² e lá foram perfurados 374 poços, sendo 226 exploratórios e 148 em desenvolvimento e que em 1983 atingiu 24,1 bilhões de metros cúbicos. Hoje eles produzem cerca de 41.000 bpd o que perfaz cerca de 42% da produção nacional do país. Atualmente a PETROBRAS é a vigésima maior empresa do mundo e a sétima das Américas refinando 100% do petróleo brasileiro e exportando excedentes para países de todos os continentes.

CARVÃO MINERAL

O carvão mineral, também conhecido como carvão de pedra e hulha, é uma substância sólida, de origem orgânica, resultante da transformação de restos vegetais soterrados há milhões de anos. Os primeiros depósitos de carvão mineral formaram-se durante os períodos carbonífero e permiano há cerca de 350 milhões de anos. No processo de formação do carvão mineral, isto é, da transformação dos vegetais em carvão, o primeiro estágio é a turfa e o último é o antracito. O carvão foi extremamente utilizado como fonte de energia nas fábricas entre o final do século XVIII até a primeira metade do século XX, quando foi então superado pelo petróleo. Ainda hoje é usado nas siderúrgicas e na produção das termoelétricas.

Obtenção: O carvão é obtido através de escavações das minas.

Desvantagens: As principais desvantagens do carvão são: ser ele extremamente poluente, e ser muito difícil o seu acesso na natureza.

O carvão em nosso país está concentrado nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, onde estima-se uma produção de cerca de 18,7 bilhões de toneladas, onde ao Rio Grande do Sul

cabe cerca de 80%. Considerando que a mineração do carvão no RS possui uma história de mais de 100 anos, considerando que uma região inteira vive em função das minas, parece justificada uma pesquisa referente à mineração de carvão. Hoje a palavra carvão anda na boca de todos, constituído um tema central para a economia energética do Brasil. Como já falamos anteriormente o carvão é uma rocha sedimentar combustível originada de material vegetal, depositado dentro da água, onde, protegido da ação do oxigênio do ar, se transformou em carvão. As jazidas de carvão do Brasil são devidas à existência de formações geológicas que constituem o “Grupo Bonito” da Série Tubarão do sistema de Santa Catarina. A estratificação do Grupo Bonito mostra cinco camadas. As mais importantes são: Barro Branco, há mais de 40 anos a base da mineração carbonífera catarinense; abaixo dessa, encontra-se a camada Irapuã e, ainda mais abaixo, a camada mais antiga, a Bonito. No Rio Grande do Sul as camadas mais importantes são as Irapuã e Bonito. No Rio Grande do Sul as formações permocarboníferas ocorrem na depressão central do Estado, na chamada faixa gonduânica ou bacia carbonífera, que se estende desde Jaguarão até Osório. A jazida de Candiota, com reserva total de 8 bilhões de toneladas, constitui a maior jazida de carvão do Brasil. Nela se localiza a Mina de Candiota. Algumas sondagens encontram espessuras que ultrapassam a 6 metros. Outras jazidas importantes são: *Iruí*- 1.829.000.000 toneladas, *Leão-Butiá* – 1.640.000.000 toneladas. Salvo pequenas reservas a céu aberto, a jazida deve ser explorada em mina de subsolo, a profundidades que variam de 130 metros, na atual mina do Leão, até 280 metros, próximo ao rio Jacuí.

Energia elétrica

A utilização da força da água corrente como fonte de energia para a produção de eletricidade iniciou-se por volta de 1860, sendo, portanto, contemporânea do petróleo cuja descoberta ocorreu em 1859. Atualmente a hidroelétrica encontra-se difundida em todo o mundo, sendo particularmente utilizada nos países que dispõem de grande potencial hidroelétrico. A eletricidade de origem hidráulica

representa cerca de 15% da produção e do consumo energético mundial.

Vantagens e desvantagens: Embora se trate de uma das formas mais econômicas de se produzir eletricidade, a implantação de uma usina hidroelétrica é relativamente dispendiosa e requer, antes de tudo, algumas condições essenciais como: existência de rios caudalosos e planálticos que possuam desníveis, pois a água deve ter força suficiente para girar as turbinas. As usinas hidroelétricas utilizam um recurso natural renovável e de custo zero (a água) podendo assim gerar energia a baixo custo e sua duração é muito prolongada.

No Brasil podemos exemplificar da seguinte forma: Usina de Itaipu, Ilha Solteira, Três Marias e outras geram energia elétrica que é transportada através de sistemas de transmissão até os locais vizinhos de São Paulo e Belo Horizonte, por exemplo, onde atingem o sistema interligado da região sudeste, que cobre um vasto território com mais de um milhão de Km², alcançando uma região onde se encontram concentradas as grandes cargas, em cidades ou indústrias. Finalmente, em nível urbano ou rural, a energia é distribuída para os consumidores individuais, residenciais, comerciais ou industriais, através de sistema de distribuição. Os sistemas interligados, por sua vez também podem ser conectados entre si por meio de linhas de transmissão, como é o caso dos sistemas Sudeste e Sul do Brasil. No total, o Brasil tem mais de 60 usinas hidrelétricas instaladas. A maior hidroelétrica do Brasil e do mundo é Itaipu que começou a ser construída em 1974 e passou a funcionar a plena capacidade desde maio de 1991, quando foi acionada a décima oitava e última turbina. No dia 29 de maio de 2000, o Brasil começou a receber mil megawatts de eletricidade comprados da Argentina. Estes 1.000 Mw fazem parte de um projeto que deve atingir cerca de 5.000 Mw. Além da Argentina, deve ser importada, também, energia do Uruguai (70 Mw), Venezuela (200 MW) e da Bolívia (150 MW).

A construção de algumas usinas hidrelétricas tem trazido problemas e causado impactos ambientais, com por exemplo: a Hidrelétrica de Tucuruí (construída para atender os Estados de MA e TO e, principalmente, o complexo de Carajás e a indústria

de alumínio ALBRÁS), a 270 km da foz do Rio Tocantins, ao sul da Ilha de Marajós; a Hidrelétrica de Balbina, no AM, no Rio Uatamã a 300 km de Manaus, em local de pouca declividade e tecnicamente incorreta que tem trazido consequências mortais para os vegetais, peixes e outros animais, assim como submergiu sítios arqueológicos e aldeias indígenas, cujas populações foram transferidas de local; a Usina de Sobradinho, no São Francisco, inundou quatro cidades e dezenas de povoados, tendo deslocado (contrariando a vontade dos habitantes) mais de 70 mil pessoas que foram reassentadas a 700 km de onde viviam. Também a Usina de Itaparica, no vale médio do São Francisco (que inundou parte da história da região, fazendo desaparecer vestígios de sua ocupação colonial e pré-histórica) e a Hidrelétrica de Xingó (no São Francisco, na fronteira entre AL e SE, e cuja construção levou décadas até entrar em funcionamento em 1994) têm sido objeto de críticas por parte dos ambientalistas.

Energia nuclear ou atômica

A energia nuclear tem como principal fonte o mineral radioativo urânio, que é encontrado na natureza sob a forma de uma mistura de urânio 238 e urânio 235. O emprego de energia nuclear para fins pacíficos teve início em 1956 (Usina de Calder Hall, na Inglaterra), onze anos após a explosão das bombas atômicas no Japão. Em 1985 a produção da nucleoeletrecidade já havia superado a produção da hidroeletricidade em vários países desenvolvidos e a quantidade de usinas já era de 480. Em alguns países desenvolvidos a eletricidade nuclear já representa mais de 35% da eletricidade total produzida.

O princípio de funcionamento de uma usina nuclear é semelhante à de uma usina termoelétrica convencional, ou seja, ambas utilizam calor para gerar eletricidade. A principal diferença é que nas termoelétricas convencionais o calor é proveniente da queima de combustível, ao passo que nas usinas nucleares o calor é proveniente da fissão nuclear dos átomos do urânio. Dentre os principais argumentos favoráveis à utilização da energia nuclear estão os seguintes: trata-se de uma fonte de energia altamente

concentrada e, portanto, de elevadíssimo rendimento e a crise do petróleo iniciada em 1973 estimulou a expansão da energia nuclear. As principais desvantagens da energia nuclear são: os elevados custos ou investimentos necessários para a utilização da energia nuclear e o gravíssimo problema dos acidentes nucleares e dos resíduos (lixo) nucleares.

A energia nuclear começou a ser desenvolvida no Brasil a partir de 1964 e pouco foi difundida em nosso país, principalmente por falta de recursos financeiros. As principais usinas do país são Angra I e Angra II e Angra III, em Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro, sendo que apenas Angra I e Angra II funcionam, atualmente, e de forma precária, principalmente Angra I devido a rachaduras existentes nas paredes da Usina.

As usinas nucleares são centrais termoeletricas – como as convencionais – compostas de um sistema de geração de vapor, uma turbina para transformação do vapor em energia mecânica e de um gerador para a transformação de energia mecânica em energia elétrica. A geração de vapor, não ocorre em consequência da combustão de um material combustível, como o carvão e óleo, e sim, devido à fissão de núcleos de átomos de urânio. A empresa Eletrobrás Termonuclear S.A. – ELETRONUCLEAR é a responsável, no Brasil, pelo projeto, construção e operação da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA), que reúne as usinas de Angra I e II. O Brasil era, até 1996, um dos 12 países que, no mundo, fabricam elementos combustíveis. a partir do 1º semestre de 1999 passou a integrar o grupo de produtores mundiais de pó e pastilhas de urânio enriquecido com a implantação, através da Unidade II da Fábrica de Elementos Combustíveis da INB, de duas linhas de produção: uma para a reconversão de hexafluoreto de urânio em pó de dióxido de urânio e outra para a transformação deste em pastilhas. Com a implantação dessas novas linhas, apenas duas etapas do ciclo do combustível continuarão sendo realizadas pelo Centro Tecnológico de Marinha em São Paulo – CTMSP, para processar no país, a médio prazo, em escala industrial, o enriquecimento de urânio através do processo de ultracentrifugação. Essencial à efetivação do domínio da tecnologia do ciclo do combustível nuclear pelo Brasil, o projeto

de implantação das novas linhas de produção aumentará o valor agregado dos produtos fabricados no país, ampliando para 60 % a nacionalização de todo o processo. A INB passará a ser uma das poucas empresas no cenário nuclear mundial a agregar este número de etapas ao Ciclo do Combustível Nuclear.

3.8 – Fontes de energia no Brasil

A Energia nuclear

A procura da tecnologia nuclear no Brasil começou na década de 50, com o pioneiro nesta área, Almirante Álvaro Alberto, que entre outros feitos criou o Conselho Nacional de Pesquisa, em 1951, e que importou duas ultra-centrifugadoras da Alemanha para o enriquecimento do urânio, em 1953.

Era de se imaginar que o desenvolvimento transcorreria numa velocidade maior, porém ainda são obscuras as reais causas que impediram este deslanche, e o país não passou da instalação de alguns centros de pesquisas na área nuclear.

A decisão da implementação de uma usina termonuclear no Brasil aconteceu de fato em 1969, quando foi delegada a Furnas Centrais Elétricas SA a incumbência de construir nossa primeira usina nuclear. Alguns desavisados e apressados logo concluíram que, em nenhum momento, se pensou na energia nuclear apenas para substituir a energia hidráulica, e os objetivos não eram simplesmente o domínio de uma nova tecnologia. Como estávamos vivendo dentro de um regime de governos militares, o acesso ao conhecimento tecnológico no campo nuclear permitiria desenvolver não só submarinos nucleares mas armas atômicas — nada mais irreal.

O Programa Nuclear Paralelo, somente divulgado alguns anos mais tarde, deixou bem claro as intenções do país em dominar o ciclo do combustível nuclear, tecnologia esta somente do conhecimento de poucos países no mundo.

Em junho de 1974, as obras civis da Usina Nuclear de Angra I estavam em pleno andamento quando o Governo Federal decidiu

ampliar o projeto, autorizando Furnas a construir a segunda usina.

Mais tarde, no dia 27 de junho de 1975, com a justificativa de que o Brasil já apontava escassez de energia elétrica para meados dos anos 90 e início do século 21, uma vez que o potencial hidroelétrico já se apresentava quase que totalmente instalado, foi assinado na cidade alemã de Bonn o Acordo de Cooperação Nuclear, pelo qual o Brasil compraria oito usinas nucleares e obteria toda a tecnologia necessária ao seu desenvolvimento nesse setor.

Desta maneira, o Brasil dava um passo definitivo para o ingresso no clube de potências nucleares e estava assim equacionado o futuro energético do Brasil, dando início à *Era Nuclear Brasileira*.

Angra I encontra-se em operação desde 1982 e fornece ao sistema elétrico brasileiro uma potência de 657 MW. Angra II, após longos períodos de paralização nas obras, inicia sua geração entregando ao sistema elétrico mais 1300 MW, o dobro de Angra I.

A Central Nuclear de Angra, agora com duas unidades, está pronta para receber sua terceira unidade. Em função do acordo firmado com a Alemanha, boa parte dos equipamentos desta usina já estão comprados e estocados no canteiro da Central, com as unidades 1 e 2 existentes, praticamente toda a infraestrutura necessária para montar Angra III já existe, tais como pessoal treinado e qualificado para as áreas de engenharia, construção e operação, bem como toda a infraestrutura de canteiro e sistemas auxiliares externos. Desta maneira, espera-se, a construção de Angra III é somente uma questão de tempo.

Não há prazo para o governo federal decidir sobre a retomada (ou não) da construção de Angra III.⁵ O assunto está em discussão no Conselho Nacional de Política Energética, que se reuniu pela última vez em 13 de abril de 2005. Seis meses atrás, o CNPE (que reúne sete ministros e três representantes da sociedade civil, analisou os relatórios sobre Angra III dos Ministérios de Minas e Energia, Meio Ambiente e Ciência e Tecnologias. O primeiro, cujo titular era, então, Dilma Rousseff, defendia o projeto apenas a partir

5 Vide *Mais Angra III*, Jornal O Globo, caderno *Economia*, *Panorama Econômico*, Flávia Oliveira (interina), pág. 26, 20.10.2005.

de 2010; o segundo se posicionava contra a usina. Apenas o da Ciência e Tecnologia defendia a retomada imediata da construção de Angra III.

Energia termoeétrica

Essas usinas, também chamadas de usinas termoeétricas convencionais (quando queremos diferenciá-las das term nucleares) são responsáveis pela maior parte da eletricidade utilizada no mundo. Fazem uso principalmente do carvão mineral e do petróleo como fontes de energia. Isso explica, por exemplo, o predomínio desse tipo de usina nos países e regiões ricas em carvão ou petróleo, como a China e os continentes europeu e norte-americano. A principal vantagem desta usina é que ela pode ser construída próximo ou junto aos locais de consumo, o que implica grande economia nos custos de implantação das redes de transmissão. Por sua vez, tem como maior desvantagem os elevados gastos com o consumo de combustíveis e sua manutenção. As etapas de funcionamento, basicamente, são as seguintes: queima do combustível, aquecimento da água na caldeira, produção do vapor, este movimenta as turbinas, estas acionam o gerador, o vapor se condensa e retorna à caldeira e o ciclo se repete.

O Sul e o Sudeste do Brasil esgotaram virtualmente todo o principal potencial hidrelétrico acessível. Novas fontes de energia primária são necessárias. Geração de energia por usinas termelétricas torna-se um grande atrativo para o setor privado. Os custos de capital são relativamente baixos, os projetos podem ser implementados rapidamente e permitem economia em investimentos nas obras de transmissão, uma vez que instalações térmicas a gás normalmente podem ser localizadas perto da área onde a energia elétrica será utilizada.

A Eletrobrás, *holding* de energia do governo brasileiro, prevê significativo aumento da produção de eletricidade por meio de termelétricas a gás nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No Plano Decenal de Expansão 1999/2008, são indicadas oito usinas planejadas ao longo do gasoduto, totalizando cerca de 5.030 MW, o

que deverá gerar negócios da ordem de R\$ 3 bilhões. Portaria (no 509 de 1/12/97) do ex-Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), hoje Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), autorizou a Agência de Desenvolvimento Tietê Paraná (ADTP) coordenar a elaboração de estudos de viabilidade de uma usina termelétrica, com potência prevista de 400 MW, utilizando o gás natural. A usina deverá ser instalada no município de Guararema (SP). É importante observar que o estatuto social da GASPETRO, empresa que detém 51% das ações da Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG), prevê a atuação da empresa em todos os segmentos de negócios do gás, inclusive na geração termelétrica.

O aumento na oferta de energia elétrica será viabilizado pelos investimentos privados nas regiões próximas ao gasoduto. O protocolo assinado em São Paulo, dia 15/07/99, previa a construção de três termelétricas no estado. Localizadas nos municípios de Santa Branca, Paulínia e Cubatão, acrescentando mais 3 mil Mw à capacidade instalada do País, a partir de 2001. Os investidores são Eletropaulo (AES, EDF e Reliant), VBC Energia, CPFL, Shell, Intergen e Flórida Power Group, entre outros.

Gás natural

A participação do gás natural no consumo total de energia do país é de apenas 3%. Utilizado em indústrias, residências, transportes e em usinas termoelétricas (que produzem energia elétrica), tem consumo diário em 1997 de 16,7 milhões de m³. No mesmo período, a produção média foi em torno de 27 milhões de m³ ao dia e a produção total atinge 9,8 bilhões de m³. Em relação ao ano anterior houve acréscimo de 10% frente do aumento da produção na bacia de Campos, responsável por 40 % do total do país. Como a produção é maior que o consumo, uma parte do excedente é reinjetada nos poços.

O pequeno consumo de gás natural, no entanto, deve crescer. A estimativa do governo é que em 2005 ⁶, 10% do total

⁶ Média diária em novembro de 2005, 45,5 milhões de m³; consumo em 2005, 150 bilhões de m³, dos quais 40% vêm da Bolívia. (Fonte: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás canalizado - ADEGAS.)

de energia consumida no país fossem produzido pelo gás natural. Para isso, além dos esforços para melhorar a produção interna, o país investiu na construção do gasoduto que liga o Brasil à Bolívia, grande produtora de gás natural.

Ocorrência: Ocorre na natureza associado ou não ao petróleo. A pressão existente nas reservas impulsiona o gás para a superfície, onde é coletado em tubulações.

Utilização: aquecimento, combustível para geração de eletricidade, veículos, caldeiras e fornos, matéria-prima de derivados da indústria petroquímica.

Vantagem: sua principal vantagem é a não emissão de poluentes, pode ser utilizada nas formas gasosa e líquida, existe grande número de reservas.

Desvantagem: sua desvantagem é que tem de se realizar alto investimento para a construção de gasodutos e metaneiros (navios especiais) para o transporte e a distribuição.

Gasoduto Brasil-Bolívia: O Brasil e a Bolívia assinaram, em 1993, um contrato de compra e venda de gás natural pelo prazo de 20 anos. Em setembro de 1997 teve início a construção do gasoduto, com um total previsto para 3.150 km – 560 km localizados no território boliviano e 2.590 km em território brasileiro. Considerado um dos maiores projetos de infra-estrutura do mundo, orçado em cerca de 2 bilhões, o gasoduto é operado de dois centros de controle: Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, e Rio de Janeiro. Embora as tubulações permitam o transporte de até 30 milhões de m³ de gás por dia, o acordo inicial prevê o fornecimento de 8 milhões de m³ diários. A partir do oitavo ano esse número deverá dobrar e atingir até 16 milhões de m³ por dia.

Atualmente, esse contrato encontra dificuldades devido a razões de ordem política na Bolívia.

Em 31/05/2000, gás argentino começou a chegar ao Brasil (Rio Grande do Sul). A Usina Termelétrica de Uruguaiana, da AESSUL, será uma das âncoras do projeto, com uma produção de até 500 MW, que tem potencial para abastecer o centro do Estado.

Biomassa

É a energia obtida do gás produzido pela matéria orgânica em decomposição. A inclusão de biomassa como fonte de energia potencial química é devido à maneira como é transformada em energia útil. A biomassa apresenta inegável importância na sociedade moderna. No Brasil, em particular, seus dados são significativos: a biomassa corresponde a 28% da produção total de energia primária, superior inclusive à produção nacional de combustíveis fósseis; o carvão vegetal brasileiro representa um terço da produção mundial deste energético; os derivados de cana de açúcar contribuíram com cerca de 13% da produção de energia primária do país; álcool carburante atende a aproximadamente 32% do consumo de energia em veículos leves, sendo que o uso da biomassa no setor sucro-alcooleiro distingue o Brasil como detentor de um dos mais importantes programas de geração renovável de energia do planeta. O Brasil possui todas as características necessárias para aumentar ainda mais sua produção de biomassa, como já ocorre com o etanol, carvão vegetal e lenha. Os programas de biomassa têm gerado no país um número de empregos superior a um milhão, com um investimento específico inferior ao de outros setores da economia. Mais ainda, o uso da biomassa energética aumenta a oferta de emprego e a riqueza no campo, além de reduzir o gasto com divisas estrangeiras na importação de petróleo e contribuir na redução do efeito estufa ao substituir combustíveis fósseis. Modernas tecnologias para utilização de biomassa como fonte de energia incluem, além da produção de etanol e de carvão vegetal a partir de florestas plantadas, a cogeração de energia elétrica nos setores de açúcar e álcool, papel e celulose, entre outros.

Vantagem: destaca-se como vantagens a não interferência no efeito estufa (o gás carbônico liberado durante a queima é absorvido depois no ciclo de produção). Exige, contudo, investimento para seu aperfeiçoamento.

Obtenção: Pode ser obtida a partir da decomposição da matéria orgânica em caldeira ou biodigestor, bem como da queima

de madeira e decomposição de lixo. O processo gera gás e vapor, que acionam uma turbina e movem um gerador elétrico.

Uso: aquecimento, produção de energia elétrica e de biogás (metano), produção de álcool.

Energia eólica

O vento é uma forma indireta de energia solar. Quando duas regiões vizinhas adquirem temperaturas diferentes, cria-se uma diferença de pressão entre elas, a mais fria tendo maior pressão que a mais quente. Para restabelecer o equilíbrio, o ar da região de maior pressão desloca-se para a de menor, criando o vento. Em geral existe vento entre o mar e a região costeira devido à diferença de temperatura que se desenvolve entre a massa d'água. e o continente, ocasionado por seus diferentes calores específicos.

O vento constitui uma imensa fonte de energia natural, a partir da qual é possível produzir grandes quantidades de energia elétrica. Existem, atualmente, mais de 20.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com uma capacidade instalada de 5.500 MW. De acordo com a Agência Internacional de Energia, a capacidade mundial de turbinas eólicas instaladas alcançou, em 2000, 10.000 MW. Na Europa, espera-se gerar 10% de toda eletricidade a partir do vento, até o ano 2030.

Considerando o grande potencial eólico existente no Brasil, confirmado através de medidas de vento precisas realizadas recentemente, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas. Análises dos recursos eólicos medidos em vários locais do Brasil mostram a possibilidade de geração elétrica com custos da ordem de US\$ 40 - US\$ 60 por MWh.

De acordo com estudos da ELETROBRÁS, o custo da energia elétrica gerada através de novas usinas hidroelétricas construídas na região amazônica será bem mais alto que os custos das usinas implantadas até hoje. Quase 70% dos projetos possíveis deverão ter custos de geração maiores do que a energia gerada por turbinas eólicas. Outra vantagem das centrais eólicas em relação às usinas

hidroelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural. A energia eólica poderá também resolver o grande dilema do uso da água do Rio São Francisco no Nordeste (água para gerar eletricidade versus água para irrigação). Grandes projetos de irrigação às margens do rio e/ou envolvendo a transposição das águas do rio para outras áreas podem causar um grande impacto no volume de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas e, conseqüentemente, prejudicar o fornecimento de energia para a região. Entretanto, percebe-se que as maiores velocidades de vento no nordeste do Brasil ocorrem justamente quando o fluxo de água do Rio São Francisco é mínimo. Logo, as centrais eólicas instaladas no nordeste poderão produzir grandes quantidades de energia elétrica evitando que se tenha que utilizar a água do rio São Francisco.

Por outro lado, o Brasil possui milhares de locais isolados onde a eletricidade é gerada através de óleo diesel. Apenas na região Amazônica, mais de 500 comunidades utilizam motogeradores diesel para a geração elétrica com custos de geração entre US\$ 0,20/kWh e US\$ 0,80/kWh. Turbinas eólicas acopladas aos sistemas diesel existentes (sistemas híbridos eólico/diesel) podem propiciar uma economia substancial em termos de consumo de combustível, transporte, armazenamento, operação, manutenção e logística, sem contar com a redução da poluição ambiental.

Vantagem: não necessita ser implantada em áreas de produção de alimentos, não contribui para o efeito estufa, pode ser aplicada para a geração de energia elétrica.

Desvantagem: exige investimentos para a transmissão da energia, produz poluição sonora, interfere em transmissão de rádio e tv.

Obtenção: o movimento dos ventos é captado por pás de hélices gigantes ligadas a uma turbina que acionam um gerador elétrico.

Energia solar:

O homem adorou o sol durante milênios. Se conseguíssemos ver de sua superfície a Terra, perceberíamos que ela é um ponto

girando a uma distância de 150 milhões de quilômetros e que recebe algo como a energia de 10 bilhões de Itaipus. Para que possamos utilizar a energia do sol que chega à superfície da Terra, precisamos de transdutores que convertam tal energia diretamente em energia elétrica. O aproveitamento dessa energia começou a ser utilizada em 1959 nos EUA, como forma de geração de energia elétrica para os satélites.

Hoje, a forma mais banal de aproveitamento de energia solar é aquela feita por relógios e calculadoras solares. Ela tornou-se uma forma atrativa como fonte de energia, foi a forma buscada para lugares isolados, distantes das redes elétricas, na alimentação de equipamentos importantes de telemedições e telecomunicações, pois, devido a sua instalação e localização, acabam utilizando a energia solar como fonte energética para seu funcionamento.

Antes de entendermos o funcionamento dos transdutores de energia solar, chamadas de células fotovoltaicas (nome dado devido ao efeito que ocorre nesses transdutores - efeito fotovoltaico), vamos entender um pouco sobre como é feita a sua fabricação. A fabricação de células solares é parecida com a produção dos chips de computadores, baseada em materiais semicondutores. A matéria-prima básica para a fabricação das células é o silício. Ele é purificado (extração de impurezas inerentes ao silício) e fundido num cristal cilíndrico. Depois, esse cilindro é cortado por uma serra de dentes de diamante em fatias muito finas. Essas lâminas passam por etapas de limpeza e recozimento em fornos de alta temperatura, quando se difunde fósforo sobre elas. A reunião de uma camada contaminada com fósforo ao silício constitui a junção semicondutora responsável pelo funcionamento da célula fotovoltaica.

A junção semicondutora é constituída por dois semicondutores: um do tipo N (possui excesso de elétrons livres) e uma do tipo P (possui falta de elétrons, chamado de lacunas). A constituição dessa junção faz com que se impeça que os elétrons livres e lacunas se recombinem estabelecendo, assim, uma ddp entre os terminais da célula. O passo seguinte é a impressão das pistas metálicas captadoras da energia elétrica liberada. A célula

está pronta para ser montada em painéis. O painel fotovoltaico é constituído de aproximadamente trinta e seis células solares. Quando esses painéis são expostos à fonte de luz, os fótons (partículas de luz) excitam os elétrons do semicondutor e esses elétrons se deslocam, gerando corrente elétrica. A corrente elétrica produzida ao ligarmos uma carga (uma lâmpada por exemplo) entre os terminais dos painéis não depende do calor (pelo contrário, o rendimento da célula solar cai quando sua temperatura aumenta) e sim da quantidade de luz incidente e da área da célula. As células solares continuam a operar mesmo sob céu nublado.

Por centímetro quadrado o Sol irradia uma quantidade de 1000 W. A idéia de captar energia proveniente do Sol já vinha há um tempo, mas apenas em 1938 foi concretizado o grande sonho de se retirar energia fornecida por uma fonte de luz grátis e poderosa, isso aconteceu mais ou menos na época da guerra fria entre a Rússia (antiga União Soviética) e os Estados Unidos da América. Um objetivo que ainda é tentado alcançar é conseguir 100% de obtenção de energia proveniente do Sol; hoje em dia, após muitos anos de pesquisa foi encontrado um material que consegue obter 30% de energia, energia essa que chamamos de eV (elétron volt). Os que dominam o uso de células fotovoltaicas no mundo são os Estados Unidos e o Japão, que possuem alta tecnologia na construção e na aplicação da energia solar. No mundo inteiro, célula fotovoltaica é a única fonte de energia dos satélites que orbitam a Terra. Porém, o uso deste tipo de energia é ainda é muito raro, isto porque a energia produzida por estas células ainda não atende à demanda de consumo energético. A energia solar tem muitos benefícios tais como: é 100% renovável; não polui em nada o meio ambiente; tem uma ótima durabilidade (mais ou menos 30 anos de vida útil); não há necessidades de transformações no meio onde a *fazenda solar* se localizar. Porém estes benefícios são diminuídos pelo alto preço que lhes é dado. A UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) está fazendo testes desde Março/99 depositando um grande painel sobre todo o Centro de Informática, a Universidade quer testar se os painéis são capazes suportar um sistema composto por computadores,

refrigeradores, aparelhos de ar-condicionado entre outros. No Brasil, esta energia pode ser muito bem utilizada, pois tem a vantagem de ser um país tropical onde a maior parte do ano se passa em tempo claro, principalmente na região nordeste brasileira onde há poucas chuvas e um tempo muito bom para a utilização deste tipo de energia.

Vantagem: não é poluente, é renovável, não influi no efeito estufa, não precisa de geradores ou turbinas para a produção de energia elétrica.

Desvantagem: a tecnologia de células fotossensíveis ainda é muito cara.

Obtenção: Lâminas recobertas com material semicondutor, como o silício, são expostas ao sol. A luz excita os elétrons do silício, que formam uma corrente elétrica.

Uso: Produção de energia elétrica; Aquecimento.

O lixo como fonte de energia

Exemplos de usina estão sendo estudados com o objetivo de aproveitar a queima do lixo como matéria prima geradora de energia, resolvendo dois problemas de uma vez só, no Brasil, o Estado de Santa Catarina vem fazendo estudos parecidos.

3.8.1 – O cenário energético brasileiro

O setor residencial responde por 24% do consumo total de energia elétrica no país e dentro deste setor, tem-se uma participação média de 26% do consumo total atribuído ao aquecimento de água, participação inferior somente ao da refrigeração. Portanto, conclui-se ,facilmente que apenas o aquecimento de água para banho em residências brasileiras é responsável por mais de 6.0% de todo o consumo nacional de energia elétrica.

Ainda assim, o Brasil possui um baixo consumo elétrico residencial por habitante quando comparado a outros países. Este baixo consumo, que já vem se elevando, crescerá rapidamente a

partir da melhoria da condição social e econômica no país, como se verificou recentemente com a estabilização econômica. Nos últimos dois anos o setor de maior crescimento de consumo de energia elétrica foi justamente o setor residencial. Por exemplo, de maio de 1995 até maio de 1996 o setor residencial cresceu 12,9% em consumo, o setor comercial 10,8 % enquanto que o industrial teve queda de 1,9 % no mesmo período.

Destes números, é importante ressaltar a possibilidade imediata e real de redução da participação da iluminação e refrigeração, através da instalação de equipamentos mais eficientes, conforme programas já iniciados. Do ponto de vista do aquecimento de água, entretanto, a situação é mais complexa. A forma absolutamente predominante de aquecimento de água no Brasil é o chuveiro elétrico. O chuveiro elétrico é, do ponto de vista estritamente energético, extremamente eficiente, com uma alta taxa de conversão de energia elétrica em calor e baixo desperdício, visto que é aquecida apenas a água a ser imediatamente utilizada. Os chuveiros elétricos têm uma ampla variação de preços e potências, podendo, nos modelos mais simples e de menor potência (4400W), custar cerca de US\$ 15,00 e, em modelos mais sofisticados com controle eletrônico e alta potência (8200W), atingir cifras superiores a US\$ 350,00. Segundo levantamento realizado pela Eletrobrás, em 1988 havia 17,5 milhões de chuveiros elétricos espalhados por todo o país, com uma penetração superior a 67% das residências.

Além dos chuveiros elétricos, os outros tipos de aquecimento de água têm pequena participação, sendo bastante comum, em residências da região Norte e Nordeste, não se encontrar nenhum tipo de aquecimento de água. Entretanto, nas regiões mais frias e populosas do país, sua utilização atinge praticamente 100% das residências, verificando-se, além do mais, um crescimento constante da potência dos chuveiros utilizados. No passado, era comum a utilização de chuveiros com apenas 1500W e hoje existem, na maioria dos casos, chuveiros de 4400W. Como as exigências de conforto de banho por parte dos usuários têm aumentado, acredita-se que a potência destes equipamentos

continuará se elevando.

Apesar de barato e de simples instalação (como o aquecimento é de passagem, exige-se apenas a tubulação de água fria em PVC), os chuveiros apresentam um alto risco devido a presença de corrente elétrica elevada no ambiente de banho. Como as instalações no país dificilmente possuem um terra, o perigo torna-se ainda maior, ocasionando vários acidentes por choque elétrico. Apesar disso, o chuveiro elétrico já faz parte da cultura brasileira e sua substituição exige mais do que a questão de segurança, pois as famílias já estão habituadas a utilizar o equipamento e a maioria dos usuários está satisfeita com o aparelho.

Além dos aspectos relacionados ao próprio usuário, mais importante talvez seja a questão da utilização dos chuveiros do ponto de vista das concessionárias de energia elétrica.

Em pesquisas realizadas pela ELETROPAULO (Eletricidade de São Paulo - uma concessionária local) e pela USP (Universidade de São Paulo), constatou-se que em habitações populares o uso do chuveiro elétrico amplia em 121% a potência média instalada e em 365% a demanda máxima média das unidades. Cálculos recentes indicam que a participação dos chuveiros na demanda em horário de ponta varia de 20 a 25%.

Este fato representa o baixo fator de carga do equipamento, levando a uma pequena participação no faturamento das concessionárias, mas elevado investimento associado ao atendimento da demanda máxima.

Desta forma, verifica-se que, apesar do baixo custo para o usuário final, o uso do chuveiro elétrico representa um elevado investimento para as concessionárias, atingindo valores da ordem de US\$ 900,00 para cada chuveiro instalado, considerados apenas os investimentos na geração. Assim sendo, espera-se que a soma de fatores como privatização do setor, que levará a uma busca mais firme de eficiência, e a crescente preocupação com aspectos ambientais crie excelentes oportunidades para o aquecimento solar no Brasil, através dos programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda — GLD e de conservação de energia. O potencial brasileiro de

conservação de energia no aquecimento de água é bastante significativo, apontando para a aplicação em larga escala os aquecedores solares como uma saída extremamente viável e competitiva.

3.9 - Reflexão

O desenvolvimento industrial está intimamente ligado ao desenvolvimento das fontes de energia. Pode-se dizer que há uma interdependência entre ambos: o progresso industrial é resultado da descoberta de novas fontes energéticas, que por sua vez ocorreram em consequência das necessidades da indústria.

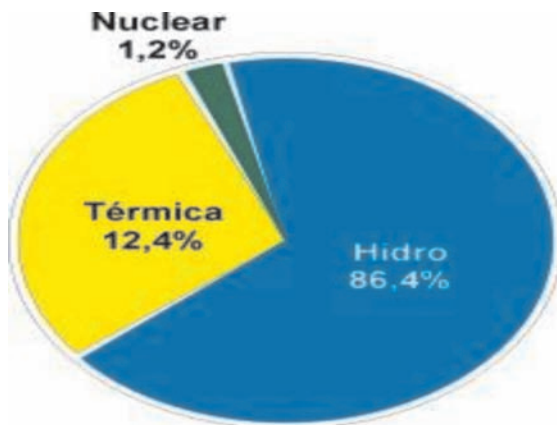
Com efeito, as necessidades energéticas de um país são diretamente proporcionais ao seu grau de industrialização. Assim, as economias altamente industrializadas são grandes consumidoras de energia e precisam importar recursos energéticos freqüentemente para suprir suas necessidade. Em geral, esse alto consumo exige também a utilização de diversas fontes.

A enorme participação das fontes não-renováveis na oferta mundial de energia colocou a sociedade diante de um desafio: a busca por fontes alternativas de energia — o que pode demorar a ocorrer, sob o risco de o mundo, literalmente, entrar em colapso, pelo menos se mantiver o atual modelo de vida, em que o petróleo tem uma importância vital. Há diversas fontes alternativas disponíveis, havendo a necessidade de um maior desenvolvimento tecnológico para que possam ser economicamente rentáveis e, conseqüentemente, utilizadas em maior escala.

Provavelmente o século XXI não terá uma única fonte de energia predominante, como ocorreu no século XIX com o carvão e no século XX com o petróleo. Deverão coexistir várias fontes de energia, principalmente as renováveis e pouco poluidoras e, aquelas de origem biológica deverão conhecer uma maior expansão nas próximas décadas.

A energia nuclear poderá ser uma opção necessária.

Tipos De Energia Elétrica Consumida



3.10 – A Política Nuclear Brasileira

Por alguns considerada confusa, contraditória e cambiante, a política nuclear brasileira, inicia-se na década de 1940, tendo sido o CNPq criado em 1951. Nessa política, misturam-se os mais diversos interesses de militares (pacíficos: segurança nacional, patrulhamento de nossas costas), políticos, grandes potências, empresários e cientistas. Na maior parte das vezes as razões energéticas foram meras justificativas para esconder interesses econômicos.

Podemos dividir o desenvolvimento nuclear brasileiro em três períodos distintos: a fase nacionalista (1949-1954), a fase diplomática (1955-74), e a fase do desenvolvimento dependente, que se inicia em 1975 e estende-se até hoje. Contudo, os primeiros trabalhos já são registrados em 1934, na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Nos Anais da Academia Brasileira de Ciências em 1944 documentam-se as primeiras pesquisas sobre teorias das forças nucleares. O pesquisador Paulo Marques, em seu livro *Sofismas nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear no país*, adota a divisão temporal acima para entender a história da política nuclear brasileira. Carlos Girotti, no livro *Estado nuclear no Brasil*, também

adota uma divisão semelhante, considerando a transição, em 1975, para a fase do desenvolvimento dependente, a mais marcante.

No início da década de 40, antes da primeira bomba atômica ser detonada, os EUA, que já faziam pesquisas na área nuclear visando a objetivos militares, firmam o primeiro programa para a prospecção de recursos minerais brasileiros. Este programa resultou em diversos acordos, firmados na mesma década e na seguinte, chegando o Brasil a trocar, em 1954, dez mil toneladas de minerais radioativos brutos (monazita e terras raras) por cem mil toneladas de trigo.

A grande figura da fase nacionalista que se inicia é o almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva. Já em 1946, numa reunião das Nações Unidas em que os EUA propuseram um tratado internacional que criaria uma autoridade mundial responsável pela gestão de todas as reservas de urânio do mundo, o Brasil, representado pelo almirante Álvaro Alberto, juntamente com a União Soviética, são os únicos países a oporem-se ao chamado Plano Baruch, que assegurava aos EUA o monopólio da tecnologia e das matérias-primas nucleares no mundo ocidental. Nesta oportunidade, Álvaro Alberto propôs o Princípio das Compensações Específicas, em que o Brasil, assim como outros países subdesenvolvidos, forneceriam a matéria prima desejada em troca de um preço justo e da prioridade na instalação, em seu território, de reatores nucleares de todos os tipos.

Em 1947 é criada a Comissão de Fiscalização de Minerais Estratégicos e se inicia uma intensa disputa, dentro do Estado, de setores interessados ou não na exportação de material radioativo bruto. As exportações de monazita continuam até 1951 quando é criado, por sugestão da Comissão de Fiscalização de Materiais Estratégicos, o CNPq. Entre as atribuições do então Conselho Nacional de Pesquisas está o controle das reservas de urânio e tório que, neste momento, têm sua exportação proibida.

Entretanto, em 1952, é criada a Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos, uma comissão que responderia diretamente ao Ministério das Relações Exteriores, sendo composta de funcionários dos ministérios da Fazenda, da Agricultura, das Forças Armadas, do CNPq e da Cacex. Ou seja, o CNPq tem o seu poder

sobre as reservas de urânio e tório diluído e as exportações aos norte-americanos recomeçam. Na verdade, o Brasil estava sendo pressionado a enviar tropas para a Guerra da Coréia e, para não fazê-lo, volta a exportar o seu urânio.

Neste momento, o almirante Álvaro Alberto, que havia estudado física na Alemanha antes da Segunda Guerra, é presidente do CNPq. Usando de seus antigos contatos, encomenda a físicos alemães, em 1954, a construção de três conjuntos de centrifugação para o enriquecimento de urânio. Os conjuntos acabam sendo interceptados pelo Alto Comissariado do Pós Guerra, 24 horas antes do embarque para o Brasil, a partir de denúncia feita pelo militar brasileiro Octacílio Cunha. Documentos revelados posteriormente mostram que o Brasil estaria sendo impedido de buscar o enriquecimento do urânio por ser um país localizado dentro da área de influência dos EUA.

Com o suicídio do presidente Getúlio Vargas e a exoneração de Álvaro Alberto da presidência do CNPq termina a chamada fase nacionalista. O novo presidente, Café Filho, assina, já em 1955, a integração do Brasil ao programa americano *Átomos para a Paz*. O programa sinalizava que os EUA haviam desistido de impedir o acesso de outros países às tecnologias atômicas procurando agora inseri-los sob o seu controle e vigilância. Em 1956 é instaurada, sob pressão norte-americana, uma CPI para investigar supostas irregularidades no CNPq. Na verdade, o desenvolvimento atômico brasileiro é objeto de disputa entre dois setores do Estado, um representado pelo Itamaraty e outro pelo CNPq.

E é o setor representado pelo Itamaraty que vai dominar a fase diplomática. Neste mesmo ano de 1955 foram assinados dois acordos com os EUA: o Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento de Energia Atômica com Fins Pacíficos; e o Programa Conjunto para o Reconhecimento e a Pesquisa de Urânio no Brasil. O primeiro acordo previa que o Brasil arrendaria dos EUA, por um período de cinco anos, até seis quilos de urânio enriquecido a 20%, a ser usado como combustível para reatores de pesquisa encomendados também junto aos EUA. O segundo acordo previa a pesquisa e avaliação das reservas de urânio brasileiras, que seriam vendidas aos EUA.

Contudo, a posse de Juscelino Kubitschek em 1956, significará uma nova conjuntura para a política nuclear brasileira. São criados neste ano o IEA (Instituto de Energia Atômica) na USP — que será transformado no Ipen (Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares) — e a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), diretamente subordinada à presidência da república. São estabelecidas diretrizes para uma política nacional de energia nuclear, em que há uma tentativa, através de medidas aparentemente contraditórias, de resgate da autonomia no setor. Nos anos seguintes, são firmados acordos com outros países que não os EUA.

Este período é o de maior desenvolvimento dos grupos de pesquisadores nas universidades e nos centros de pesquisa. Os reatores de pesquisa norte-americanos foram trazidos a diferentes grupos de cientistas brasileiros. Criado em 1952, o Instituto de Pesquisas Radioativas (ligado à UFMG), em Belo Horizonte, é um destes grupos, mas também abriga, no final da década de 1950, o Grupo do Tório, uma equipe de pesquisadores que busca o desenvolvimento de um reator de pesquisa diferente daqueles que já operavam no Brasil, baseados em urânio enriquecido e água leve. O reator que buscavam desenvolver seria baseado em diferentes ciclos de combustível (não necessitando de urânio enriquecido) e água pesada. Suas pesquisas foram encerradas em 1975, quando o governo federal optou pelos reatores de água leve e firmou o Acordo com a Alemanha Ocidental.

Em 1963, o Instituto de Energia Nuclear, criado em convênio da CNEN com a UFRJ, passa a construir um reator com componentes nacionais, à exceção do combustível. Chamado de Argonauta, o reator entra em operação em 1965. Nesse momento, a CNEN é o órgão que gere a exportação de minérios para uso nuclear. Estas agências governamentais que foram criadas formaram uma burocracia técnica para o setor nuclear, com importantes conseqüências no desenvolvimento e manutenção do mesmo. Esta tecnocracia ganhará ainda mais importância após 1964.

Anteriormente, em 1959, foi criado o projeto Mambucaba, que previa a construção de uma usina para a geração de energia

nuclear em uma praia vizinha à em que hoje estão instaladas as usinas de Angra I e II. O projeto, entretanto, não andou por falta de força política da CNEN, e acabou engavetado pela decisão momentânea de não usar a energia nuclear como fonte de energia elétrica.

Em 1967, o Brasil assina o Tratado de Tlatelolco, em que alguns países da América Latina comprometem-se a não fazer uso do poder nuclear como arma militar. O documento, entretanto, é ambíguo, dado que a energia nuclear pode servir tanto para fins pacíficos como para fins militares. No ano seguinte, o Brasil recusa-se a assinar o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, alegando ser este limitador da soberania nacional.

Ainda em 1967 a CNEN, agora vinculada ao Ministério das Minas e Energia, firma um acordo para a construção da primeira central de geração de energia nuclear. O lugar escolhido é Angra dos Reis, principalmente pela proximidade com os grandes centros do sudeste. Uma concorrência internacional é aberta, em 1970, para a compra do reator de Angra I e é vencida pela norte-americana Westinghouse, subsidiária da General Electric.

Em 1972 o Brasil assina um novo acordo com os EUA, em que estes forneceriam urânio enriquecido (numa quantidade que não ultrapassasse 2300 kg em 30 anos) em troca de urânio natural brasileiro. Ficava a cargo da Comissão de Energia Atômica dos EUA o controle das instalações brasileiras para que estas não fizessem uso militar. Neste acordo também fica acertado que o reator de potência a ser vendido para o Brasil seria um PWR (Reator de Água Pressurizada). Era um contrato do tipo caixa-preta, em que a última coisa que ocorreria seria a incorporação de tecnologia. Também o financiamento do projeto gerou muitas suspeitas, pois foi feito por um banco que logo em seguida foi comprado pelo então Ministro da Fazenda Mário Henrique Simonsen.

Outros países subdesenvolvidos também vinham desenvolvendo projetos de reatores de potência, como a Argentina e a Índia. Esta última, em 1974, detona a sua primeira bomba atômica, construída a partir de subprodutos (como o plutônio) de seu reator de potência. Este fato dificulta ainda mais as negociações com os americanos para a construção do reator brasileiro. Em

virtude disso, em 1975, é assinado o Acordo Brasil-República Federal da Alemanha, sendo esta transformada em parceira oficial do Brasil com relação a assuntos nucleares. Este acordo encerra a fase diplomática — em que foram criados os principais institutos de pesquisa e órgãos estatais para assuntos nucleares — e inicia a fase do desenvolvimento dependente.

O acordo com a Alemanha, entretanto, não significou uma grande melhoria com relação à transferência de tecnologia. O contrato continuava a ser no estilo caixa preta e pressões populares na Europa dificultaram o envio de material radioativo para o Brasil. Somam-se a isso as dificuldades financeiras enfrentadas pelo Brasil na década de 1980, inviabilizando investimentos vultosos no programa nuclear. As empresas criadas quando do acordo com a Alemanha para o desenvolvimento nacional da tecnologia (Nuclebrás e suas subsidiárias) não alcançaram êxito.

No entanto, a combatida política nuclear desenvolvida durante estes anos foi suficiente para criar uma classe de pesquisadores bastante atuante na defesa da pesquisa nuclear no Brasil. Apesar da opção do Estado brasileiro de importar totalmente a tecnologia para a construção de reatores de potência, a pesquisa nuclear continuou localizada principalmente nos centros de pesquisa universitários e com o forte apoio de um grupo de militares. Em 1979, inicia-se o Programa Nuclear Paralelo, desenvolvido pela Marinha e apoiado pelo Ipen/CNEN-SP (antigo IEA) com o objetivo de desenvolver um submarino nuclear.

Em 1987, o então presidente José Sarney anunciou o domínio do enriquecimento do urânio, alcançado pelos pesquisadores envolvidos no Programa Nuclear Paralelo. No ano seguinte, a Nuclebrás é extinta e o Programa Nuclear Paralelo é incorporado às pesquisas oficiais. O controle de Angra I e do canteiro de obras de Angra II e III foi transferido para a então estatal Eletrobrás. Com a venda recente da Eletrobrás foi criada a Eletronuclear, uma estatal ligada à CNEN que gere as atividades em Angra, ainda obedecendo aos acordos firmados com a Alemanha (através da Siemens).

Com relação ao conhecimento científico, pode-se dizer que os maiores progressos foram conseguidos pelo IPEN,

principalmente no apoio ao programa da Marinha, interessada no desenvolvimento do sistema de propulsão do submarino nuclear (projeto com orçamento previsto de 1,4 bilhões de dólares). Segundo José Roberto Rogero, diretor de materiais do Ipen, hoje o Brasil domina o ciclo do enriquecimento do combustível para reatores nucleares de pesquisa, estando a tecnologia para reatores de potência pronta para a industrialização, que deve ser feita pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil). Esta é a herdeira das subsidiárias da Nuclebrás e conta com a transferência da tecnologia desenvolvida pela Marinha para o enriquecimento de urânio a ser usado como reator de potência (3,2%) e reator de pesquisas (20%).

Outro sinal da confusa política nuclear brasileira é a indefinição quanto ao destino dos resíduos radioativos.

A comunicação com o grande público na era da mídia digital, globalizada e em tempo real é um dos grandes desafios da atualidade aos movimentos socioambientais. Em meio a milhões de textos, fotos, vídeos e sons, as organizações da sociedade civil competem hoje por espaços na mídia para divulgar grandes desafios nacionais e internacionais, denunciar abusos e propor soluções. Os meios de comunicação estão se concentrando num pequeno número de grandes corporações da mídia e, com isso, assumindo o controle da informação perante o grande público. As organizações não-governamentais estão sendo obrigadas a investir em estratégias de comunicação mais ousadas e inovadoras para garantir a possibilidade de comunicar a um público mais amplo, a baixo custo, temas importantes como meio ambiente, direitos humanos, desafios sociais, que muitas vezes não entram nas pautas dos grandes veículos de comunicação.

A sociedade civil tem dois grandes desafios hoje. Em primeiro lugar, é fundamental trabalhar em rede com o maior número possível de organizações focadas em alguns interesses comuns para se lograr qualquer objetivo socioambiental. Em segundo lugar, é essencial mobilizar o grande público para que ele promova o processo de mudança por meio da ação política e da ação individual e coletiva.

É forte a campanha contra a retomada do programa nuclear no Brasil; ela conta com todos os elementos que desafiam os (as) profissionais de comunicação. Há forte oposição pública, relatórios técnicos, documentos oficiais, análises qualificadas, material para Internet, campanha pública e outros. Entretanto, esse tem sido um tema de grande relevância ambiental e enorme impacto financeiro que está recebendo pouquíssima atenção da imprensa. O assunto é complexo, pois envolve questões ambientais (lixo radioativo), econômicas (bilhões de dólares em investimento) e de segurança nacional (enriquecimento de urânio, submarino nuclear e o domínio do ciclo do combustível nuclear).

Segundo pesquisa realizada pelo Instituto de Estudos da Religião (Iser), a pedido do Greenpeace, 80% da população brasileira não quer a construção de mais usinas nucleares no país. No início do primeiro governo civil eleito pelo voto direto, o então presidente Fernando Collor (1990) noticiou, com grande destaque, o fim de um projeto militar secreto. Numa área remota da Amazônia, fechou um buraco com 300 metros de profundidade que seria destinado a testes com artefatos atômicos. Logo os maledicentes de ontem e de sempre deduziram que isso seria mais uma prova real de que as Forças Armadas teriam chegado muito perto de explodir uma bomba nuclear nacional. Durante o governo Fernando Henrique, o programa militar foi direcionado para a construção de satélites e desenvolvimento do programa espacial brasileiro. O presidente declarou, na época, que as Forças Armadas estavam resignadas (sic) a viver sem a presença de armas nucleares.

O ministro da Ciência e Tecnologia, Roberto Amaral, disse à BBC Brasil que as áreas espacial e nuclear serão prioridades de sua pasta e que “concorda” com a idéia de que o Brasil tem de buscar o conhecimento necessário para a fabricação da bomba atômica. “Nós somos contra a proliferação nuclear, nós somos signatários do tratado de não-proliferação (de armas nucleares), mas não podemos renunciar ao conhecimento científico”, disse.

Em seguida, questionado se o “conhecimento” de que fala inclui o necessário para a fabricação da bomba nuclear, Amaral

respondeu que “inclui todo o conhecimento. O conhecimento do genôma, conhecimento do DNA, conhecimento da fissão nuclear”.

A prioridade seria o submarino nuclear e a geração de energia. O programa permitiria que, até o ano de 2010, fossem produzidos 60% do urânio enriquecido necessário para a operação das duas usinas nucleares existentes no país, Angra I, Angra II e, possivelmente, Angra III.

A questão nuclear expõe a posição favorável do governo Lula na possível aplicação da tecnologia nuclear em áreas militares, como o submarino nuclear, e do enriquecimento de urânio. As recentes declarações do então ministro de Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, promovendo novas usinas e a retomada de projetos nucleares militares, corroboram as declarações do ministro-chefe do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República, general Jorge Armando Félix, veiculadas pela Folha de S.Paulo em 14 de novembro de 2004. Na entrevista, o general afirmou categoricamente que a aprovação da construção da usina nuclear de Angra III “está para sair”. Ele também disse que estados com capacidade nuclear estão utilizando organizações não-governamentais para barrar o Brasil no ingresso nesse clube seletivo.

A tecnologia nuclear apresenta sérias dificuldades: financeiramente de alto vulto e a ainda não existente solução para o seu lixo radioativo, apresentando um grande risco à população e ao meio ambiente. Durante o Fórum Social Mundial 2005, a então ministra, Dilma Rousseff (Minas e Energia) e ministra Marina Silva (Meio Ambiente) manifestaram sua oposição aos planos do governo Lula de construir a usina nuclear de Angra III. O professor Luiz Pinguelli Rosa, em evento do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, coordenado por ele, também se opôs ao projeto. O Greenpeace já mobilizou mais de 20 mil mensagens ao presidente Lula contra a construção de Angra III e a retomada da aventura nuclear brasileira com a campanha “Lulinha Nuclear – Não dê uma bola fora. Diga não à Angra III!”. A campanha circulou nos sites UOL, iG, Yahoo!, nas revistas Época, IstoÉ, Carta Capital, mas foi recusada pela revista Veja sob alegação de que a “campanha usava a imagem do presidente sem sua autorização”.

3.11 - Arquivo energético

A pesquisa científica nuclear no Brasil data de 1934, na Universidade de São Paulo, com a entrada de cientistas estrangeiros que formaram os primeiros físicos voltados para a constituição básica da matéria. No decorrer dos anos surgiram pesquisas em São Paulo e no Distrito Federal (Guanabara) e vários estudantes brasileiros foram especializar-se no exterior e, por sua vez, criaram centros de pesquisas nacionais.

No início da década de 40, antes de ser detonada a primeira bomba atômica, os Estados Unidos, que já faziam pesquisas na área nuclear visando a objetivos militares, firmaram o primeiro programa para prospecção de recursos minerais brasileiros. Este programa resultou em diversos acordos (em 21 de maio de 1942, o Decreto-lei nº 4.323 aprovou o acordo de fornecimento de materiais de defesa entre o Brasil e os EUA), firmados na mesma década e na seguinte, chegando o Brasil a trocar, em 1954, 10.000 t de minerais radioativos brutos (monazita e terras raras) por 100.000 t de trigo.

No final dos anos 40, o Brasil era representado na Comissão de Energia Atômica da ONU pelo Almirante Álvaro Alberto, professor da Escola Naval.

O Brasil, com enormes reservas de tório em seu território, via-se como candidato a essa ciência e procuraria dominar a tecnologia de água pesada e urânio natural e evitar a ameaça de perder a posse efetiva de matérias primas.

Convencido disto, o presidente Dutra nomeou uma Comissão de Professores para elaborar um projeto que criasse um órgão de aparelhamento tecnológico e científico. Este esforço deu origem ao Conselho Nacional de Pesquisas — CNPq através da Lei nº 1310 de 15 de janeiro de 1951, chamada de *Lei Áurea da Pesquisa Brasileira*.

A história da energia nuclear no país teve início, concretamente, por volta de 1945, ano da explosão das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki e do fim da Segunda Guerra Mundial. Apesar de pobre em reservas, então conhecidas, de urânio, o Brasil era um grande exportador de monazita, um

mineral radioativo. No entanto, essa exportação foi alvo crescente de denúncias de favorecimento a interesses estrangeiros e contrabandos. Na tentativa de moralizar essa situação, o governo passou a incluir nos contratos de exportação a exigência de beneficiar-se do minério antes de remetê-lo para o exterior. Assim, foram formados os primeiros grupos de pesquisas e implantadas as primeiras unidades de beneficiamento, o que despertou desvarios sobre a fabricação de uma bomba atômica nacional.

A primeira central nuclear brasileira começou a ser construída em 1971, em Angra dos Reis (RJ), sob suspeitas de instabilidade geológica e sísmica do local escolhido. O nome da praia, Itaorna, em língua tupi significa *pedra podre*. Simulações de acidentes revelaram a fragilidade do projeto e a impossibilidade de evacuação da população local em caso de uma emergência. Angra I, conhecida popularmente como *vaga-lume*, por causa das freqüentes interrupções de funcionamento por motivos técnicos, foi inaugurada em 1982, em meio a controvérsias, já que a fabricante norte-americana, Westinghouse, recusou-se a transferir a tecnologia ao Brasil.

Em 1975, o governo firmou com a Alemanha um acordo de cooperação na área nuclear. Pelo acordo, seriam instalados mais oito reatores no país: dois em Angra dos Reis, ao lado de Angra I, e outros seis no litoral sul do estado de São Paulo. Reagindo rapidamente, a população paulista impediu a construção de *suas* usinas por meio da criação de uma estação ecológica exatamente no local onde seria implantada a central nuclear. Assim, das oito usinas previstas, apenas Angra II foi concluída. Sua construção foi marcada por problemas técnicos e constantes atrasos no cronograma. Começou a operar somente em 2000, após quase 20 anos de construção, a um custo de cerca de US\$ 14 bilhões.

Segundo números oficiais, já foram gastos com Angra III US\$ 750 milhões entre a compra e a estocagem dos equipamentos. O projeto de Angra III foi paralisado em 1992 por motivos econômicos. A indústria nuclear afirma que, até agora, já foi investida uma quantia de US\$ 1,2 bilhão em Angra III e que, para o término da obra, será necessária mais uma quantia de US\$ 1,8 bilhão.

Hoje, no mundo inteiro, até mesmo na Alemanha, reatores nucleares têm sido gradativamente desativados e não há praticamente nenhuma nova usina sendo planejada ou construída, já que são consideradas caras e perigosas.

A tecnologia nuclear é perigosa, já causou acidentes graves como o de Three Mile Island (Estados Unidos) e Chernobyl (Ucrânia), com milhares de mortes e enfermidades decorrentes dos acidentes, além da perda de grandes áreas. A utilização desse tipo de tecnologia continua apresentando graves riscos para toda a humanidade. Reatores nucleares e instalações complementares geram grandes quantidades de lixo nuclear que precisam ficar sob vigilância por milhares de anos. Não se conhecem técnicas seguras de armazenamento do lixo nuclear gerado. Optou-se, nos reatores de Angra I e Angra II, por estocar o resíduo dentro do próprio prédio do reator. No entanto, essa solução é provisória e arriscada, já que o próprio Relatório de Impacto Ambiental de Angra II reconhece que não há solução definitiva para os resíduos nucleares a longo prazo.

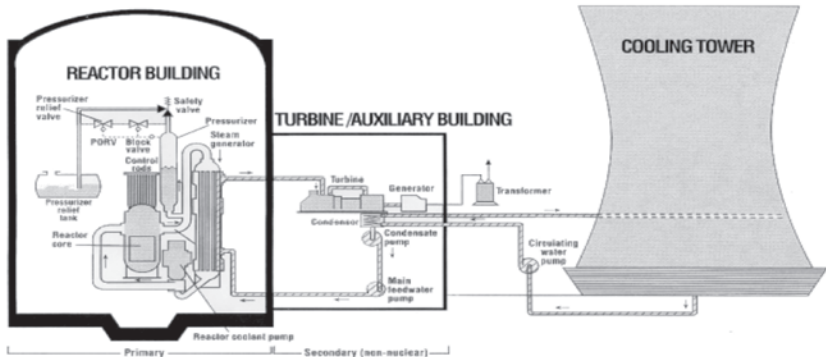
3.12 - Grandes acidentes

Em 6 e 9 de agosto de 1945, respectivamente, as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki foram destruídas por bombas atômicas lançadas por aviões do Exército dos Estados Unidos. Mais de 200 mil pessoas foram mortas nos ataques. Quase seis décadas depois do bombardeio, milhares de pessoas ainda apresentam seqüelas em virtude da exposição à radioatividade.

Em 28.03.1979, próximo a Harrisburg, na Pensilvânia, aconteceu o pior acidente nuclear dos Estados Unidos com o reator da unidade 2 de 900 MW PWR da Usina Nuclear de Three Mile Island, meses após o começo de sua operação comercial que se deu em 30.10.1978. O acidente foi causado por falha de equipamento e erro operacional em avaliar-se as condições do reator. A falha de equipamento causou uma perda gradual de água de resfriamento no núcleo do reator, o que resultou em fusão parcial das varetas de elemento-combustível e urânio e na liberação de material radioativo. Não houve vítimas, nem mortes.

Devido a este acontecimento foi criado o Institute of Nuclear Power Operations destinado a promover a excelência no treinamento, gerenciamento e operação.

O Acidente



Sete anos depois, em abril de 1986, ocorreu o mais grave acidente nuclear da história. A explosão de um dos quatro reatores da usina nuclear soviética de Chernobyl, na Ucrânia, lançou na atmosfera uma nuvem radioativa de 100 milhões de curies – nível de radiação 6 milhões de vezes mais alto do que o que escapara da usina de Three Mile Island. Todo o centro-sul da Europa foi atingido. Estima-se que entre 15 mil e 30 mil pessoas morreram, e aproximadamente 16 milhões sofrem até hoje alguma seqüela em decorrência do desastre.

Um ano depois do acidente na Ucrânia, em setembro de 1987, a violação de uma cápsula de césio 137 por sucateiros da cidade de Goiânia (GO), resultou em quatro mortes. Cerca de 250 pessoas tiveram problemas de saúde na época. Algum tempo atrás, cerca de 1.600 foram consideradas, oficialmente, vítimas da radioatividade do césio de Goiânia, grande parte das quais são funcionários(as) públicos(as) que trabalharam na assistência às pessoas contaminadas. Atualmente, as 6 mil toneladas de lixo radioativo resultantes do acidente estão armazenadas em contêineres de concreto, em um depósito da Abadia de Goiás, próximo a Goiânia.

O céσιο 137, subproduto das usinas nucleares obtido pela fusão do urânio 235, foi largamente empregado no tratamento de vítimas de câncer durante décadas, por meio da radioterapia. Em Goiânia, ele fora retirado de dentro de um equipamento que se encontrava nas ruínas do que costumava ser o Instituto Goiano de Radioterapia (IGO), no centro da cidade.

Em maio de 2003, uma equipe de especialistas em radiação do Greenpeace realizou no Iraque inspeções para detectar níveis de contaminação próximo à central nuclear de Tuwaita, localizada no sul do país e abandonada durante a ocupação norte-americana. Ativistas encontraram um contêiner com cerca de cinco quilos de uma mistura de urânio conhecida como *yellow cake* (bolo amarelo) a céu aberto, além de detectarem taxas de radioatividade de até 10 mil vezes acima do considerado normal, em alguns locais. O Greenpeace também apurou que pelo menos 150 famílias estavam utilizando barris pilhados da usina para guardar alimentos e água.

O projeto nuclear é tratado com tanto sigilo na Presidência que alguns ministros, quando perguntados sobre o tema, reconheceram que ele nunca entrou na pauta das reuniões ministeriais. Aqueles que se opõem ao Programa Nuclear Brasileiro consideram que a questão nuclear não é relevante na matriz energética brasileira, não sendo sustentável ou renovável. Sua viabilidade só interessaria a um setor específico – o militar. Em face disso, estranham que essa questão, como um tema tão complexo, perigoso e de grande impacto ambiental e econômico, não esteja sendo amplamente discutido na imprensa.

O assunto é urgente e importante e a decisão deverá ser tomada em reunião do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

3.13 - Comunicação e meio ambiente

Durante a última grande conferência internacional sobre meio ambiente liderada pelas Nações Unidas, a Rio+10, realizada em Johannesburgo em 2002, ficou muito evidente que não seria possível superar os grandes desafios ambientais das próximas

décadas (mudanças climáticas, gestão e acesso à água, poluição, desmatamento, consumo sustentável e outros) sem que o movimento ambientalista se articulasse melhor com os movimentos sociais, sindicatos, setores acadêmicos e setores industriais que promovem os produtos e tecnologias alternativas. A comunicação entre os atores integrantes de uma rede de interesse comum, assim como a comunicação com o grande público, se tornou um elemento fundamental de qualquer campanha de mobilização.

Na grande mídia, os fatos passam por um funil, e as matérias que chegam aos jornais, rádios, televisão e Internet são fruto de uma decisão que leva em consideração os interesses corporativos, humanos ou o perfil do público leitor. Muitas vezes, o assunto é abordado com direcionamento político definido e baixa qualidade. Essa baixa qualidade está freqüentemente associada ao pouco tempo e espaço oferecido ao(à) jornalista para preparação da matéria. Outras vezes está associada ao investimento reduzido no treinamento de profissionais ou na falta de jornalistas especialistas na equipe para cobrir nichos como o ambiental. Portanto, a pressão econômica aliada ao posicionamento editorial dos meios faz com que, muitas vezes, a informação gerada pela sociedade civil não chegue ao grande público ou, eventualmente, sofra modificações que podem comprometer seu conteúdo original.

A comunicação dos temas ambientais passou a ser um desafio maior com o aumento da complexidade dos problemas, menor especialização dos meios e menor interesse do público pela pauta ambiental. A reação de muitas organizações foi preparar conteúdos com maior qualidade, oferecer capacitação para jornalistas nos temas específicos e procurar manter contato mais estreito com profissionais da mídia para estabelecer um canal de relacionamento e troca de informação.

Esse cenário complexo forçou, em particular, as organizações ambientalistas a procurarem caminhos adicionais ou alternativos para informar o público e mobilizar a opinião pública. A mídia local ou regional, apesar de atingir um público menor, apresenta mais espaço e menos competição de pauta. A mídia alternativa ou especializada também atinge um público menor, mas permite, em geral, matérias com conteúdo robusto, oferece mais independência

política e menos controle corporativo. A Internet oferece caminhos inovadores como os *blogs* e as redes de relacionamento, tornando mais viável o caminho direto com o público.

4 – Acordo nuclear Brasil – Alemanha

Embora já abordado anteriormente, vejamos agora com mais detalhes o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha.

Para entender o Acordo Nuclear Brasil - Alemanha, assinado em 27 de junho de 1975 durante o governo do general Ernesto Geisel (1974-1979), é necessário realizar um esforço de contextualização histórica, levando em consideração dois importantes fatores: as relações Brasil - Estados Unidos no setor de energia atômica durante a segunda metade do século XX e a política nuclear brasileira desenvolvida nesse período.

No decorrer da década de 1950, os Estados Unidos exerciam total supremacia no campo tecnológico-industrial, particularmente no setor da energia nuclear. Diante desse quadro, alguns países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, resolveram enfrentar o desafio de desenvolver uma política científica e tecnológica autônoma no campo nuclear. Essa foi a principal motivação para a criação, em 1951, do Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq. Durante seus primeiros anos de existência, o novo órgão pautaria sua política no princípio da autonomia, apesar da forte oposição de uma ala pró-americana existente nos meios científicos e governamentais. Em 1956, a Comissão Nacional de Energia Nuclear — a CNEN, desmembrada do CNPq, assume o comando da política nuclear brasileira, em estreita colaboração com a política norte-americana.

Desde dezembro de 1953, os Estados Unidos haviam proposto um programa denominado *Átomos para a Paz*, cuja filosofia consistia na utilização da energia nuclear para fins pacíficos. Na prática, esse programa significava, para os países não detentores de conhecimento científico e de tecnologia nessa área, continuar na condição de importadores da tecnologia americana e exportadores de matérias primas. Foi no âmbito desse programa que o Brasil e os Estados Unidos assinaram, em 1955, o Acordo

de Cooperação para o Desenvolvimento da Energia Atômica com finalidades pacíficas, no qual ficou estabelecido que o Brasil compraria, dos americanos, reatores de pesquisa baseados na utilização da tecnologia do urânio enriquecido, para os seus laboratórios no Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte. Este acordo, contudo, gerou uma grande polêmica nos meios científicos brasileiros, acirrando um conflito que vinha se desenvolvendo nos últimos anos e que perdurou até o final da década de 1960. De um lado, havia os que defendiam a importação da tecnologia americana; do outro, os que desejavam o desenvolvimento de uma tecnologia própria, utilizando o urânio natural ou o tório, como único caminho para se desenvolver uma política científica verdadeiramente nacional.

A compra do reator da Westinghouse Electric Corporation, em 1971, a ser instalado na usina nuclear Angra I, representou a vitória do grupo favorável ao desenvolvimento de uma política nuclear no país associada à tecnologia norte-americana. A crise do petróleo em 1973, a expansão do mercado internacional de reatores nucleares e a brusca decisão dos Estados Unidos de suspender, em 1974, o fornecimento do urânio enriquecido para novas usinas, levaram o governo brasileiro a redefinir sua política nuclear e a adotar uma postura mais ousada, que incluísse a construção, no país, de centrais nucleares, responsáveis pelo desenvolvimento das diversas etapas do ciclo de produção de energia nuclear. É nesse contexto que se insere o acordo assinado com a Alemanha, em 27 de junho de 1975. Por esse acordo, o país se comprometeu a desenvolver um programa, juntamente com empresas alemãs lideradas pela Kraftwerk Union - KWU, de construção de oito grandes reatores nucleares para a geração de eletricidade, e de implantação, no país, de uma indústria teuto-brasileira para a fabricação de componentes e combustível para os reatores, por um prazo de 15 anos. O acordo com a Alemanha, apesar de não reverter a opção pela tecnologia do urânio enriquecido, permitia ao Brasil desenvolver essa tecnologia dentro do país.

Além das pressões da imprensa e do Congresso norte-americanos, o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha sofreu severas críticas dentro e fora do país, no plano ecológico, político e econômico. Entre

outras coisas, questionava-se o destino a ser dado ao lixo atômico que resultaria da produção dos reatores. O fato de o Brasil não ter assinado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP, em julho de 1968, também era objeto de preocupação de quase todos os grandes países, apesar de o tratado prever o uso pacífico da energia nuclear. Como resultado dessas pressões foi firmado, em fevereiro de 1976, um acordo entre o Brasil, a Alemanha e a Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA, complementando o acordo de 1975, no qual foram estabelecidas salvaguardas mais rígidas do que as previstas no TNP.

No plano interno, as críticas crescentes ao Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, tanto por parte da comunidade científica, quanto da sociedade de uma maneira geral, resultaram na instalação, na Câmara dos Deputados, de uma CPI para investigar as supostas irregularidades do Acordo denunciadas pela imprensa dos dois países. Das oito centrais previstas, apenas duas foram construídas. Em face dos resultados não satisfatórios do Acordo, os militares brasileiros começaram a desenvolver, a partir de 1979, um programa nuclear paralelo visando ao desenvolvimento de uma tecnologia nacional para o enriquecimento do urânio. Esse programa contou com a colaboração do Centro Técnico Aeroespacial -CTA, da Aeronáutica, em São José dos Campos, e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, em São Paulo.

4.1 – Cancelamento do acordo

O Jornal alemão *Die Zeit* (O Tempo) dedicou quase uma página inteira ao cancelamento do acordo nuclear entre o Brasil e a Alemanha. A matéria, com o título, Sólido, líquido e gasoso (*Fest, flüssig, gasförmig*), fez uma apologia aos 3 estados da matéria mostrando que o sólido acordo de cooperação para o desenvolvimento de energia nuclear, estabelecido em 1975 pelo Chanceler Federal alemão Helmut Schmidt e pelo então Presidente do Brasil Ernesto Geisel, passou por um longo período no qual as expectativas iniciais não foram concretizadas e, após quase 30 anos, dissolveu-se.

O acordo Brasil-Alemanha previa a construção de oito usinas, uma fábrica de reatores e uma planta de reprocessamento, além da exploração, extração e comercialização de urânio no Brasil. Durante os quase 30 anos de vigência, apenas a usina de Angra II foi construída com o apoio alemão e só começou a funcionar depois de 25 anos de obra. Segundo o *Greenpeace*, o orçamento final de Angra II ficou em torno de 10 bilhões de dólares, enquanto a usina Angra III já teria custado 1,2 bilhões de dólares e precisaria de aproximadamente a mesma quantia para ser concluída. A Angra I foi construída antes do acordo com a Alemanha e seu principal reator, comprado dos EUA, produz energia para o sistema elétrico Rio - São Paulo, mas tem um dos mais baixos índices de eficiência do mundo.

De acordo com o jornal alemão, o cancelamento do acordo, oficializado em 18 de novembro, deve-se ao comprometimento do governo e da indústria alemã em encerrar gradualmente a utilização da energia nuclear para produção comercial de eletricidade. Mesmo assim, a Alemanha ainda mantém acordo de cooperação com mais de 20 países entre eles China e Irã. Ainda segundo *Die Zeit*, o Ministro de Relações Exteriores e membro do Partido Verde alemão, Joschka Fischer, nunca escondeu a vontade de desfazer o acordo com o Brasil, mas havia receio de que o governo brasileiro tomasse essa atitude como algo não amigável.

A energia nuclear surgiu como alternativa promissora em relação à energia elétrica, durante a Segunda Guerra Mundial. No entanto, o acidente nuclear em Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, levantou um questionamento mundial sobre as desvantagens do uso dessa forma de energia. Hoje o mundo discute o que pode ser feito para se obter uma redução ou controle dos impactos ambientais manifestados devido ao uso intensivo das fontes não renováveis de energia, o que levou à busca do uso das fontes renováveis de energia. Ambientalistas alemães afirmam que o incremento do uso das fontes renováveis trará benefícios ambientais e também uma diversificação no uso das fontes de energia, evitando assim os riscos de descontinuidade de abastecimento. Esse é o motivo para a substituição gradual da energia nuclear na Alemanha por fontes renováveis de energia, como a eólica e solar.

O relatório de 2004 do Instituto Internacional de Pesquisa *Worldwatch* mostra a Alemanha na liderança mundial no setor da exploração das energias eólica e solar, produzindo atualmente 1/3 da energia eólica do mundo. Quanto à energia solar, apesar da pequena participação na malha do país, a Alemanha possui mais de mil empresas trabalhando no setor, ficando na segunda posição mundial após o Japão, e já possui a maior usina elétrica solar do mundo. Além disso, recentemente foi inaugurado em Berlim o maior posto de abastecimento do mundo para veículos movidos a hidrogênio.

O posicionamento contra o uso da tecnologia nuclear para a geração de energia não é unânime entre os pesquisadores. Para o ambientalista britânico James Lovelock, a tecnologia nuclear é a única capaz de produzir quantidades expressivas de energia sem comprometer ainda mais nossa atmosfera e acelerar o processo de aquecimento global. A afirmação foi feita em entrevista a *Eletronuclear*, empresa responsável pela operação de Angra I e pela construção de Angra II.

Atualmente, a energia nuclear é a terceira fonte mais utilizada no mundo, responsável por 16% da energia produzida mundialmente. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o predomínio no Brasil é de uso de hidroelétrica e apenas 3% da nossa energia vem da tecnologia nuclear pelas usinas de Angra I e II, que respondem pelo abastecimento equivalente a 40% das necessidades do Estado do Rio de Janeiro. Ainda segundo o MCT, a energia nuclear produzida no Brasil tem um custo muito elevado devido à necessidade de se enviar o urânio para ser enriquecido no exterior. O Brasil possui uma das maiores reservas mundiais de urânio o que permite o suprimento das necessidades domésticas a longo prazo e a disponibilização do excedente para o mercado externo.

Em junho/2001 o País registra a sexta maior reserva geológica de urânio do mundo. Com cerca de 309.000t de U_3O_8 nos Estados da Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais, entre outras ocorrências.

Mesmo com o término do acordo, a Alemanha se comprometeu a cooperar no desenvolvimento de energias renováveis como

eólica e a solar no Brasil. Além disso, a perspectiva é que a o país continue ajudando no desenvolvimento de Angra III e no processo de enriquecimento de urânio. Ainda de acordo com o *Die Zeit*, a Alemanha não quer ser vista como mantenedora de acordos de apoio à tecnologia nuclear, mas não esconde que o desenvolvimento dessa tecnologia é um mal ainda necessário, pois gera empregos e recursos para o país.

Em abril de 2002, entrou em vigor a nova emenda de lei que proíbe a construção de novas usinas na Alemanha. Porém, atualmente o país ainda possui 38 mil pessoas trabalhando na indústria e pesquisa atômica. Especialistas afirmam que apesar dos grandes investimentos em energias renováveis, fomentadas pelo governo alemão, não será possível suprir a demanda de energia e estimam que será necessário investir 80 bilhões de euros em novas usinas. Empresas alemãs prevêem ainda o esgotamento do mercado nacional de energia eólica apontando o Brasil como o futuro do setor sobre as perspectivas de uso da energia eólica fora da Europa.

Enriquecimento do urânio

O urânio encontrado no estado natural em rochas da crosta terrestre passa por um processo industrial para que possa ser usado como combustível para geração de energia elétrica em um reator nuclear. Primeiro o urânio é extraído, dissolvido, purificado e só depois passa pelo processo de enriquecimento que tem por objetivo aumentar a concentração do urânio.

A área nuclear é atualmente uma das áreas que provoca mais discussões e reações da opinião pública quando são iniciadas pesquisas ou desenvolvidas novas tecnologias. Isso coloca as pesquisas atômicas ou nucleares entre as áreas sensíveis que recebem um forte monitoramento e pressões internacionais. A postura combativa *antiterror* do presidente reeleito dos Estados Unidos, George. W. Bush tornou o desenvolvimento de tecnologias nucleares por países fora do eixo de poder Europa-América do Norte ainda mais difícil. O ressurgimento do *fantasma da bomba*, que paira sobre a cabeça da humanidade desde a Guerra Fria,

após os atentados de 11 de setembro, acabou justificando muitas atitudes arbitrárias como já ficou demonstrado no caso da invasão ao Iraque.

A esse contexto, somam-se ainda questões econômicas e de importância estratégica para o desenvolvimento das nações, como é o caso do desenvolvimento de novas fontes de energia e o comércio internacional de urânio enriquecido que movimenta cerca de US\$ 18 bilhões. Assim, não fica difícil entender o porquê da polêmica envolvendo a vinda de técnicos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para o Brasil, em outubro desse ano, para fiscalizar as instalações nucleares de Resende no Rio de Janeiro onde as Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) pretendem começar a enriquecer urânio em escala industrial.

Tratados de não proliferação e inspeções

A preocupação com a questão nuclear já motivou a criação de diversos tratados internacionais de não proliferação de armas nucleares, sendo o mais importante o [TNP](#) criado em 1968.

5 - Contribuição de personalidades ilustres

5.1 – César Lattes: o início

A cabeça no cosmo e o coração no Brasil

Irreverente e eternamente apaixonado pela natureza e pelas quatro filhas, Cesar Lattes falava da ciência com simplicidade. Questionava mitos, fazia ressalvas à teoria da relatividade e tinha receio dos efeitos da energia nuclear. Não se vangloriava dos êxitos que o consagraram na física experimental e emprestou o seu prestígio para desenvolver a ciência no Brasil e na América Latina. Era de uma geração de cientistas e intelectuais cujas opções políticas e filosóficas foram condicionadas pela Segunda Guerra Mundial.

A história da física de partículas é marcada pela contribuição de Lattes em diferentes momentos: descoberta nos raios cósmicos, detecção de partículas, aperfeiçoamento de técnicas, emprego de

novos aparatos, cooperações internacionais... A história da física de altas energias deve a Cesar Lattes e a Eugene Gardner a possibilidade da utilização dos aceleradores de partículas, como parte da infraestrutura da pesquisa fundamental. Na história da ciência contemporânea, ele tem outro lugar reservado devido à participação no processo de institucionalização da pesquisa científica e ao envolvimento com o ensino de física. Tudo isso, dizia ele resvalando no patriotismo, “para melhorar o Brasil”.

Cesar Lattes começou a carreira científica na USP, em 1944, e seus primeiros trabalhos publicados foram em física teórica em co-autoria com Gleb Wataghin. Por influência de Giuseppe Occhialini, ele passou para a física experimental, trabalhando com poucos recursos mas no mesmo patamar dos laboratórios estrangeiros. Procurava os mésons nos raios cósmicos, partícula subatômica com massa intermediária entre o elétron e o próton e, naquela época, considerada o principal mediador das forças nucleares. Ao longo de sua trajetória, os raios cósmicos sempre estiveram presentes.

1947- Os mésons nos raios cósmicos

Ao receber de Occhialini, em 1946, uma foto micrografia de traços de prótons e partículas obtidos com uma nova emulsão nuclear, Lattes escreveu ao ex-professor pedindo para ir trabalhar no H. H. Wills Laboratory. O reencontro de Lattes e Occhialini na Universidade de Bristol transformou a vida do laboratório, cujas pesquisas eram tão somente em física nuclear. Alegres e destemidos, eles retomaram as pesquisas em raios cósmicos e aprenderam com Cecil Powell, que trabalhava em física nuclear, a técnica de utilização da emulsão nuclear. Lattes surpreendeu os colegas de Bristol pela sólida formação teórica e por trabalhar horas a fio, analisando foto micrografias, fazendo medidas, cálculos e anotando os resultados. Conclusões, hipóteses e dúvidas ficaram registradas nas cartas ao amigo José Leite Lopes.

Para aumentar o poder de detecção das placas, bórax foi adicionado à emulsão. A hipótese era de que o bórax fixaria o traçado de pontinhos deixados sobre a emulsão nuclear quando

ocorresse um choque entre os raios cósmicos e um átomo presente na placa. Sem o bórax, ao contrário, as placas tinham muito fading, isto é, as marcas desapareciam em uma semana. Ainda assim era preciso reduzir o tempo de exposição ou simplesmente deixar as placas no alto de montanhas, onde o ar, por ser mais rarefeito, facilita a passagem dos raios cósmicos. O Observatoire du Pic du Midi (2.850m), nos Pireneus franceses, foi o lugar mais fácil para Occhialini realizar o primeiro experimento, para o qual Lattes preparou o material. Por cerca de seis semanas placas com a emulsão nuclear carregada de bórax e placas sem bórax ficaram ao relento, sob os cuidados de astrônomos franceses.

Na mesma noite de janeiro de 1947 em que retorna a Bristol, Occhialini revelou as placas e escreveu uma nota para a Nature exaltando as vantagens da emulsão nuclear para a pesquisa em raios cósmicos. As foto micrografias confirmavam a hipótese de que em elevadas altitudes a ação antifading do bórax permitia o registro de variedades de eventos com nitidez e riqueza de detalhes. A expectativa de encontrarem mésons mobilizou a equipe do laboratório. O trabalho exigia horas e horas de exaustiva atividade das microscopistas. Todas eram mulheres.

Depois de passar dias debruçada sobre um microscópio, Marieta Kurz encontrou um estranho evento: um traço mais torto que os dos prótons, menos denso, e sofrendo várias mudanças de direção. No fim do traço, surgia outro traço semelhante. Evento semelhante ao de um duplo méson (o méson-pi e a desintegração pi-mi) pôde ser observado no outro dia. A euforia tomou conta dos físicos, que se dividiram para fazer as medições de massa em dois caminhos. Occhialini, Lattes e Ugo Camerini – colega da USP recém-chegado do Brasil – começaram refinando a técnica da contagem de grãos e balanço de energia nos traços secundários das reações observadas. Hugh Muirhead e outros pós-graduandos enfrentaram o problema pela via do alcance-espalhamento múltiplo. Preliminarmente, Occhialini, Lattes e Camerini consideraram que o total da energia produzida pela partícula principal era maior que a massa do méson (partícula prevista teoricamente por Carl Anderson), e que esta deveria ser o méson pesado (partícula prevista por Hideki Yukawa). Contudo,

para comprovar a existência dos mésons precisavam conseguir mais eventos.

Lattes viajou para a Bolívia para realizar o segundo experimento. Na companhia do meteorologista espanhol Ismael Escobar radicado naquele país, seguiu de La Paz para a estação meteorológica que estava instalada a 5,5 mil metros de altitude no monte de Chacaltaya. Na realidade, tratava-se de uma minúscula e tosca instalação feita com quatro pedaços de madeira, perdida em meio à neve. Lá, ele dispôs pequenas pilhas das sensíveis placas carregadas de bórax que receberiam milhares de vezes mais partículas do que acontecera no experimento de Occhialini nos Pirineus.

Um mês depois, a altitude de Chacaltaya permitiu a identificação, em uma única placa revelada, de dois completos duplos mésons. Nem mesmo as manchas da água suja com que Lattes revelou a placa, atrapalharam a observação da desintegração pi-mi. De volta a Bristol, cerca de 30 duplos mésons foram identificados. Encontraram até os mésons negativos, cujo fim da trajetória se assemelha ao desenho de uma estrela. O processo da descoberta encontra-se publicado em oito artigos. O trabalho de mais impacto foi publicado na Nature (out. 1947) e é assinado, em ordem alfabética como era usual, por C. Lattes, G. Occhialini e C. Powell. Identificando o méson mais pesado (π), com a partícula prevista por Yukawa, e os secundários, com o méson (μ) de Carl Anderson, comprovaram a previsão teórica do físico japonês. Desde 1935, Yukawa propunha que o méson-pi (que significa meio em grego) era responsável pela força forte que diminui a repulsão entre os prótons, e seria 200 vezes mais pesada que o elétron e dez vezes mais leve que prótons e nêutrons.

A descoberta deixou claro que na natureza existia, além da força gravitacional, da força eletromagnética e da força fraca, a chamada força forte. A maior compreensão das forças nucleares era importante para evitar o empirismo que marcou, por exemplo, a fabricação da bomba atômica. Daí a importância do trabalho de Lattes, Occhialini e Powell, embora atualmente o μ não seja considerado um méson (é denominado lépton- μ) e o méson-pi, o pión, não seja mais considerado o único agente das forças nucleares.

1948 - Os mésons do ciclotron de 184

Tanto Lattes como Occhialini não esperaram em Bristol pela consagração da descoberta, que foi capitaneada pelo chefe do laboratório. Surpreendendo outros físicos, Lattes foi para Radiation Laboratory da Universidade da Califórnia (Berkeley), onde havia o maior acelerador de partículas, um sincrociclotron com o eletroímã de 184”, construído por Ernest Lawrence. Na realidade, Lattes decidiu ir para Berkeley quando passou pelo Brasil a caminho de Chacaltaya. Para ser aceito no Radiation Laboratory, precisou do apoio de pessoas influentes. Desde a Segunda Guerra, os laboratórios americanos de física eram “classificados”, ou seja, estavam sob o controle e fiscalização da Atomic Energy Commission (AEC). A autorização concedida a Lattes não teria sido apenas uma cortesia de Lawrence para com Wataghin ou de Bernard Baruch, representante do governo americano na comissão de energia atômica da ONU, para com Álvaro Alberto, membro da delegação brasileira. Havia um jogo de interesses políticos entre o Brasil e os Estados Unidos: a chamada política de cooperação continental, a transferência de tecnologia para produção de energia nuclear, os minerais radioativos brasileiros...

Gostava de lembrar Martha Lattes que, quando eles chegaram a Berkeley em fevereiro de 1948, seu marido foi recebido com total indiferença por Lawrence. Por mais de um ano, físicos do Radiation Laboratory tentaram sem sucesso detectar partículas produzidas no ciclotron de 184”. Além de não conhecerem a técnica das emulsões nucleares, procuravam só pelo méson leve, o mésontron. Lawrence nunca imaginou que Eugene Gardner, muito adoentado, e um desconhecido físico brasileiro fossem capazes de fazê-lo em quinze dias após a sua chegada!

A interação entre eles foi perfeita. Gardner conhecia o desempenho do acelerador e Lattes tinha o domínio da técnica das emulsões nucleares aplicada ao estudo das partículas. Se o grupo de Bristol levou quase um ano para observar 30 duplos mésons, em Berkeley eles detectaram essa quantidade em um só dia! No ciclotron de 184”, Lattes e Gardner sabiam de onde os mésons saíam, aonde chegavam e com que ângulo atingiam as placas de emulsão nuclear.

Foi grande a repercussão do trabalho. O consulado brasileiro ofereceu uma recepção e Lawrence transformou o acontecimento em um verdadeiro carnaval na imprensa, tão logo a AEC permitiu. Entre os físicos, a reação imediata se dividia entre os eufóricos e os céticos, que aos poucos, foram cedendo às evidências experimentais. A detecção da produção artificial do méson-pi no cíclotron de 184" está registrada em dois artigos: Science (mar. 1948) e Physical Review (fev. 1949).

Se a descoberta nos raios cósmicos pelo grupo de Bristol contribuiu para separar a física de partículas da física nuclear, a detecção da produção artificial do méson-pi no cíclotron de 184" fez emergir a era dos aceleradores de partículas. Estes se tornaram cada vez mais parte da infra-estrutura obrigatória da investigação científica, da mais fundamental à mais aplicada, vencidos unicamente pela energia dos raios cósmicos, como Lattes sempre fez questão de ensinar aos interlocutores.

Depois de um ano, Lattes retornou ao Brasil para investir o seu prestígio na fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, o Conselho Nacional de Pesquisas e o Laboratório de Física Cósmica.

1949 - A fundação do CBPF

Ao contrário do que às vezes se poderia imaginar, professores e alunos de física e matemática da Faculdade Nacional de Filosofia (FNFI) precisariam mudar a mentalidade conservadora da Universidade do Brasil para combinar ensino e pesquisa. Espelhando-se no modelo da USP e das universidades estrangeiras, Jose Leite Lopes, Elisa Frota Pessoa, Jaime Tiomno e Leopoldo Nachbin reivindicavam condições para a pesquisa científica: laboratórios, biblioteca, tempo integral e apoio de técnicos. Para movimentar o Departamento de Física e ao mesmo tempo superar as deficiências dos alunos e manter os professores, organizavam seminários regulares sobre a física moderna, em 1947. A atividade era aberta aos professores e alunos das escolas de química, de engenharia e da Marinha, uma vez que tinha em vista ampliar o círculo de aliados e de interessados pela física

moderna. Como Cesar Lattes decidiu se mudar para o Rio de Janeiro no retorno de Berkeley, conseguiram convencer o reitor a criar a cátedra e incluir a física nuclear no currículo. Porém, sem os recursos para a instalação dos laboratórios no Departamento de Física, eles concluíram que a luta pela pesquisa na Universidade do Brasil estava perdida.

A derrota ocorreu em um momento privilegiado, 1948, quando idéias democráticas se difundiam nas grandes cidades, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência era criada e a imprensa nacional dava ampla cobertura às contribuições de Cesar Lattes. Neste contexto, professores da FNFI deram o último e arriscado passo: fazer ciência fora da universidade e com o apoio da iniciativa privada.

Nelson Lins de Barros, amigo de Lattes em Berkeley, foi o elo entre os físicos e os que lhes poderiam garantir as condições materiais de trabalho. Leite Lopes e Lattes foram apresentados ao irmão de Nelson, o visionário João Alberto Lins de Barros. Político e empresário nacionalista, ele se empolgou com o sucesso de Lattes, principalmente porque vislumbrava a possibilidade do uso da energia nuclear no desenvolvimento industrial do país. A partir daí, promoveu reuniões para definir o perfil do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, com a participação de membros da Academia Brasileira de Ciências, físicos, intelectuais, professores das escolas politécnicas e militares.

Em 15 de janeiro de 1949, foi realizada a reunião para sacramentar a fundação do CBPF, aprovar os Estatutos e eleger o primeiro Conselho e Diretoria. Afora o apoio de cientistas, de engenheiros, de militares e de professores de ciências do Rio de Janeiro, Recife e São Paulo, o aval político e financeiro de João Alberto garantiu a rápida instalação do CBPF. A primeira diretoria do CBPF refletiu as alianças estabelecidas no processo de sua fundação: João Alberto Lins de Barros assumiu a presidência, o contra-almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva a vice-presidência, e a direção científica naturalmente ficou com Cesar Lattes.

Antigos e futuros presidentes da República, políticos e empresários se misturaram aos sócios fundadores para financiar o instituto de pesquisa. Em pouco tempo, os pesquisadores titulares

do CBPF eram capazes de atrair importantes físicos estrangeiros, professores da USP e estudantes da América Latina e de vários estados do Brasil. Tal era o dinamismo que o CBPF foi a primeira instituição brasileira a se beneficiar do Acordo de Assistência Técnica celebrado entre a Unesco e o governo brasileiro. Contava com uma excelente biblioteca, oficina mecânica e, principalmente, com a contribuição permanente de Cesar Lattes, José Leite Lopes, Elisa Frota Pessoa, Jaime Tiomno, Hervásio de Carvalho e de Francisco de Oliveira Castro.

João Alberto Lins de Barros e Cesar Lattes exerceram de fato os cargos. Quanto à participação do contra-almirante Álvaro Alberto, esta foi especial. Articulando a montagem de uma verdadeira rede para o desenvolvimento da energia nuclear, filiada a um conselho de pesquisas, ele transformou o CBPF no símbolo da plataforma das reivindicações encaminhadas a Getúlio Vargas.

1951 - A criação do CNPq

Desde os anos de 1930, professores de ciências e os poucos cientistas brasileiros tentavam organizar um conselho de ciências. As primeiras iniciativas fracassaram por falta de receptividade da ciência na sociedade. Mesmo no pós-guerra um conselho de energia nuclear também não teve apoio político pelo caráter restrito da proposta. Da mesma maneira não foi adiante o Projeto de Lei de 1948, por estar ancorado no prestígio das ciências biológicas e na tradição da medicina. Naquele momento, a física nuclear ocupava o lugar de ciência-guia e emprestava um novo significado à idéia de progresso. Isto é: o desenvolvimento da física nuclear representava a evocação da necessidade e, também, da possibilidade de o Brasil se defender e superar o atraso econômico. Achava-se que era fácil e barato produzir energia nuclear.

Novamente Cesar Lattes entrou em cena. Participou da comissão de notáveis de 1949 que elaborou o anteprojeto de criação do CNPq, assim como se empenhou pessoalmente para quebrar as resistências de todos aqueles que achavam a

ciência um empreendimento dispendioso, desnecessário ou inacessível a um país atrasado. Nenhum físico brasileiro obtivera tal reconhecimento no meio científico internacional, como tanta projeção nos veículos de comunicação do país. Desde 1947, ele se deixava transformar em herói nas páginas de O Cruzeiro, a revista semanal mais lida em todo o país, para que a ciência conseguisse o apoio da sociedade.

O Conselho Nacional de Pesquisas, o CNPq, foi finalmente criado em 1951. Durante quatro anos, Lattes foi membro do Conselho Deliberativo e protagonizou embates de opinião com o presidente Álvaro Alberto. Não foi um membro atuante, demonstrando não ter muita paciência para suportar reuniões intermináveis e pouca habilidade para tratar de questões de natureza política. Preferia se manter em silêncio, como se estivesse ali apenas para honrar um compromisso: emprestar a sua credibilidade científica em troca de recursos para o CBPF e, especialmente, para a pesquisa em raios cósmicos. Suas ausências nas reuniões tornaram-se cada vez mais frequentes, ao se engajar na luta pela ciência na América Latina: a construção do laboratório de raios cósmicos em Chacaltaya.

1952 - Acelerando partículas

Em sincronia com as atividades no CBPF e na Bolívia, Cesar Lattes se envolveu em articulações políticas de mais alto nível: o “Programa Atômico de Vargas” e o conturbado processo de construção e compra de aceleradores de partículas. A epopéia dos sincrociclotrons no Brasil é o ápice do envolvimento de Lattes com os militares que comandavam o CNPq. Em resumo: o programa de aceleradores do CBPF foi absorvido pelo CNPq e Lattes cedeu, ao dar o aval para o contra-almirante Álvaro Alberto construir uma máquina de 170” e comprar um modelo de ciclotron de 21” da Universidade de Chicago.

As limitações do incipiente parque industrial e as deficiências de formação da equipe técnica brasileira impediram o início da construção da grande máquina. Mesmo assim Álvaro Alberto se manteve crédulo, acreditando contra todas as evidências que o

cíclotron de 21” seria concluído em Chicago e que funcionaria algum dia.

Em 1954, Álvaro Alberto e Cesar Lattes romperam definitivamente as relações pessoais, em meio à crise resultante do desfalque do diretor financeiro do Projeto dos Sincrocíclotrons, diretor tesoureiro do CBPF e conselheiro do CNPq. As diferenças no Conselho Deliberativo deixaram de ser caracterizadas pela divisão entre os conselheiros nacionalistas e os não-nacionalistas. Refletindo o ambiente de tensão do CBPF – a instituição encarregada pelo CNPq de coordenar o programa de aceleradores de partículas – os conselheiros se subdividiram. De um lado, ficaram os defensores da manutenção da missão original do CNPq (desenvolver a ciência e executar a política nuclear do governo Vargas); do lado oposto, ficaram aqueles que advogavam a criação de um órgão só para cuidar da energia nuclear.

O fracasso do Projeto dos Sincrocíclotrons foi traumático: Álvaro Alberto perdeu a sustentação política para se manter à frente do CNPq; o CBPF atravessou um momento difícil com as cisões internas que se seguiram; e Cesar Lattes foi para os Estados Unidos se recuperar do desgaste emocional sofrido.

5.2- Álvaro Alberto - o Almirante Nacionalista

A história da energia nuclear no Brasil tem três fases: a fase nacionalista (1949-1954), a fase diplomática (1955-74), e a fase do desenvolvimento dependente, que se inicia em 1975 e se estende até hoje.

Os primeiros trabalhos já são registrados em 1934, na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Nos Anais da Academia Brasileira de Ciências em 1944 documentam-se as primeiras pesquisas sobre teorias das forças nucleares.

A fase nacionalista inicia-se no pós-guerra com a luta do almirante Álvaro Alberto da Motta Silva contra as pressões americanas para alcançar o controle de propriedade das reservas mundiais de tório e urânio. Em meados de 1946, o almirante Álvaro Alberto, representante brasileiro na Comissão de Energia Atômica

da ONU, e a URSS se opuseram às injustiças propostas no Plano Baruch. O almirante qualificou a política dos EUA de “tentativa de desapropriação”.

De 1946 a 1953 os EUA evitaram qualquer cooperação nuclear com os demais países, mesmo para fins pacíficos. O Plano garantia o monopólio dos Estados Unidos sobre a tecnologia e os materiais nucleares no mundo ocidental com a criação de uma agência internacional, mas que de fato teria os EUA como o *Big Brother*.

Álvaro Alberto propôs o Princípio das Compensações Específicas, nenhuma transação comercial com minerais estratégicos (termo cunhado por Alberto) deveria se realizar contra pagamento em dólares, mas sim na base de troca de tecnologia, em que o Brasil, assim como outros países subdesenvolvidos, forneceriam a matéria prima desejada em troca da prioridade na instalação, em seu território, de reatores nucleares de todos os tipos .

Em 1947 foi criada a Comissão de Fiscalização de Minerais Estratégicos e se iniciou uma intensa disputa, dentro do Estado, de setores interessados ou não na exportação de material radioativo bruto. As exportações de monazita continuaram até 1951 quando foi criado, por sugestão da Comissão de Fiscalização de Materiais Estratégicos, o CNPq.

Em 15 de janeiro de 1951 Getúlio Vargas, então presidente do Brasil, criou o CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas) e nomeou o almirante Álvaro Alberto para presidi-lo. Em 1951, o almirante Alberto propôs uma legislação que protegesse as reservas nacionais de tório e urânio contra a espoliação estrangeira, proibindo a exportação. Entretanto, em 1952, foi criada a Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos, uma comissão que responderia diretamente ao Ministério das Relações Exteriores, sendo composta pelos ministérios da Fazenda, da Agricultura, das Forças Armadas, do CNPq e da Cacex. O CNPq tem o seu poder sobre as reservas de urânio e tório diluído e as exportações aos norte-americanos recomeçaram. Na verdade, o Brasil estava sendo pressionado a enviar tropas para a Guerra da Coréia e, para não fazê-lo, voltou a exportar o seu urânio.

A inflexibilidade dos norte-americanos exercida pela força do *McMahon-Act* inviabilizava qualquer cooperação com o Brasil. A pretendida cooperação era uma ilusão que o enviado americano para *liberar* a política de exportação de minerais, Gordon Dean, insistia em alimentar. As resistências do almirante Alberto foram insuficientes para impedir a tomada de assalto das jazidas brasileiras pelos norte-americanos, que já em 1952, importavam de uma só vez toda a cota de tório que lhes fora garantida para dois anos de acordo.

Em virtude, disso o almirante Alberto pediu autorização ao governo brasileiro para encetar negociações com outros países. Em missão do CNPq, ele viajou para a Europa no fim de 1953, onde faria contato na França e na Alemanha ocupada pelos aliados.

Na França, negociou a aquisição de uma usina de *yellow cake*, assinando contrato com a Société des Produits Chimiques des Terres Rares e na Alemanha, onde havia estudado física antes da Segunda Guerra, usando de seus antigos contatos encomendou a físicos alemães à margem da legalidade aliada, em janeiro de 1954, a construção de três conjuntos de centrifugação para o enriquecimento de urânio. Convidou William Groth, Bayerle e Otto Hahn, descobridor da fissão nuclear. Conseguiu obter 3 unidades de enriquecimento pelo processo ultracentrífugo ao preço de 80 mil dólares.

Neste ponto, a missão do almirante Álvaro Alberto tomava aspectos de missão secreta, na medida em que suas ações passavam a ignorar outras instâncias decisórias, como o Conselho de Segurança Nacional, o Departamento de Produção Mineral e o Estado Maior das Forças Armadas, pois, para completar sua tarefa, isto é, transferir os protótipos das centrifugadoras de urânio para o Brasil, ele dependia de uma diplomacia secreta à margem do Ministério das Relações Exteriores do Brasil.

A embaixada brasileira em Bonn recomendou que se aguardasse o estabelecimento da plena soberania da Alemanha Ocidental, quando então seria possível a importação das centrifugadoras.

Formalmente o CNPq aceitou a recomendação, mas Álvaro Alberto solicitou a Getúlio Vargas uma autorização especial no

sentido de que o Ministério das Relações Exteriores apoiasse o embarque secreto das máquinas.

As centrifugadoras foram apreendidas **em Göttingen e Hamburg** pelo Military Security Board, como já se disse à fl. 19, menos de 24 horas após esta consulta. Os conjuntos acabaram sendo interceptados pelo Alto Comissariado do Pós Guerra, 24 horas antes do embarque para o Brasil, a partir de denúncia feita pelo militar brasileiro Octacílio Cunha. Documentos revelados posteriormente mostraram que o Brasil estaria sendo impedido de buscar o enriquecimento do urânio por ser um país localizado dentro da área de influência dos EUA.

O plano do golpe feito contra a encomenda fora forjado pela Comissão de Energia Atômica dos EUA. Álvaro Alberto, ao contatar o presidente desta Comissão, almirante Lewis Strauss, não recebeu deste nenhuma esperança de que as máquinas apreendidas pelos aliados fossem liberadas. Por outro lado Strauss, habilmente, contra-atacaria em uma oferta de *ajuda* dos EUA nos moldes permitidos pela política nuclear americana.

Álvaro Alberto, mais uma vez, repetiria os desejos de seu governo: usinas de enriquecimento, uma fábrica de produção de hexafluoreto de urânio, além de reatores de pesquisa. O que foi tentado através de acordos secretos com os alemães e mais tarde descoberto pelos americanos.

A rejeição por parte da Comissão de Energia Atômica dos EUA fez o almirante voltar de mãos vazias e o passo seguinte foi sua exoneração do CNPq, em 13 de janeiro de 1955. Logo em seguida à sua demissão, em agosto de 1955, são firmados com os EUA dois acordos: o Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento de Energia Atômica com Fins Pacíficos; e o Programa Conjunto para o Reconhecimento e a Pesquisa de Urânio no Brasil.

O primeiro acordo previa que o Brasil arrendaria dos EUA, por um período de cinco anos, até 6 kg de urânio enriquecido a 20%, a ser usado como combustível para reatores de pesquisa encomendados também junto aos EUA. O segundo acordo previa a pesquisa e avaliação das reservas de urânio brasileiras, que seriam vendidas aos EUA.

Oficialmente, Álvaro Alberto foi afastado por *falta de capacidade administrativa*, substituído pelo general Juarez Távora, chefe do Gabinete Militar. Nessa época, o acordo com os franceses foi desativado devido ao desconhecimento sobre nossas reservas de urânio em volume suficiente para assegurar o acordo.

O novo presidente, Café Filho, assinou, já em 1955, a integração do Brasil ao programa americano *Átomos para a Paz*. O programa sinalizava que os EUA haviam desistido de impedir o acesso de outros países às tecnologias atômicas procurando agora inseri-los sob o seu controle e vigilância.

Em meados de 1956 é instalada uma Comissão Parlamentar de Inquérito, para investigar o problema da energia atômica no país (supostas irregularidades no CNPq), especificamente, com relação a demissão do almirante ter sido possivelmente motivada por pressões norte-americanas explicitadas em quatro documentos secretos, oriundos da diplomacia americana e a conseqüente aceitação das condições de negociação dos EUA com a mudança da política brasileira na exportação de minerais estratégicos.

Com o suicídio do presidente Getúlio Vargas e a exoneração de Álvaro Alberto da presidência do CNPq termina a chamada fase nacionalista. Na verdade, o desenvolvimento atômico brasileiro é objeto de disputa entre dois setores do Estado, um representado pelo Itamaraty e outro pelo CNPq. E é o setor representado pelo Itamaraty que vai dominar a fase diplomática.

O presidente Médici nomeou a Central Nuclear de Angra dos Reis como Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto.

Álvaro Alberto faleceu em 31.01.1976.

5.2.1 -Fatos paralelos

Migalhas dos EUA

A CPI recomendou a revisão de acordos internacionais prejudiciais ao país e o governo, então, nomeou uma comissão interministerial, cujas diretrizes, aprovadas pelo Conselho de Segurança Nacional, estabeleciam que “o ponto fundamental

da política nuclear deverá ser produzir, no país, combustíveis nucleares sob total controle e propriedade do governo”.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), desmembrada do CNPq em 1956 para executar a política nuclear já citada, estabeleceu estreita colaboração com os Estados Unidos, através de acordo de cooperação nuclear dentro do programa *Átomos para a Paz*.

O Brasil adquiriu pequenos reatores de pesquisa e treinamento que foram espalhados em 7 estados diferentes. A CNEN, numa política errônea de dispersão de esforços não soube mobilizar os cientistas e técnicos nacionais em torno da Energia Nuclear.

Outras pesquisas - grupo do tório e água pesada

Nesta fase perdemos iniciativas promissoras como foi o Grupo do Tório, no qual entre 1965 e 1970, um grupo do Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte conseguiu desenvolver um projeto de um reator alimentado a tório de 30 MW.

A idéia nasceu de um trabalho intitulado “Necessidades de Combustível para um Programa Nucleoenergético da Região Centro-Sul”. No documento a razão que levaria à opção nuclear e seus desdobramentos era um pretenso esgotamento hidráulico da região Centro-Sul.

Pelo desconhecimento de reservas de urânio e conhecimento de jazidas de tório o grupo baseou sua pesquisa na transformação do tório em urânio 233. O grupo desenvolveu várias pesquisas e chegou a projetar um protótipo de reator capaz de operar com 3 misturas de combustível em água pesada: urânio enriquecido e tório (Projeto Instinto), urânio natural (Projeto Toruna) e plutônio-tório (Projeto Pluto).

Sobrou o Toruna e o projeto completo de um reator e das demais unidades de uma central nuclear (Projeto Toruna/Protótipo).

A flexibilidade levava em consideração o preço dos combustíveis no mercado internacional, caso o Brasil não tivesse autonomia em matéria-prima, poderia optar-se por uma mistura ou outra de acordo com a disponibilidade e preço.

Segundo o relatório final do Grupo do Tório, “foi desenvolvido o projeto preliminar de referência de um reator (...). A tecnologia ligada ao projeto poderá ser desenvolvida no Brasil já que não é muito complexa (...) Tudo indica que o mais apropriado para o país é a opção urânio natural, seguida de opção plutônio-tório para o prazo mais longo.”

Pronto o trabalho, o grupo foi dissolvido.

O IPR passou a se chamar Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear e os estudos sobre a utilização do tório como combustível nuclear passaram a ser feitos em cooperação com o Centro Nuclear de Jülich da Alemanha.

Outra pesquisa nacional era realizada pelo Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento da Água Pesada (1964) no Instituto Militar de Engenharia, que desde 1954 com a criação do Curso de Introdução à Engenharia Nuclear veio a se transformar num instituto de pós-graduação de engenharia. O objetivo era desenvolver técnica para produção de água pesada e assim até mesmo um acordo com Israel (1972) foi estabelecido para o desenvolvimento conjunto de uma usina-piloto com base num processo de troca isotópica hidrogênio-amina.

Logo depois o Governo adotou o projeto de uma usina nuclear a água leve e urânio enriquecido (acordo com os EUA), o que arrefeceu os trabalhos do GPD e após 1974 foram cancelados (com o acordo Brasil-Alemanha).

5.3 - Mais um Almirante na história: Othon Luiz Pinheiro da Silva

O almirante Álvaro Alberto ficaria satisfeito com seu colega de arma. Em 1978, Othon Luiz Pinheiro foi encarregado de reunir cientistas para viabilizar a construção de de uma centrífuga de propulsão nuclear no Brasil, incluindo as etapas do ciclo de combustível ainda não dominadas: conversão, enriquecimento e reconversão. O desenvolvimento da máquina nacional levou 27 anos e US\$ 200 milhões em pesquisas. A máquina enriquece o urânio em forma gasosa, tem baixo consumo de energia e demanda manutenção a cada cinco anos de uso. O Brasil fabrica 20 por mês. “Com uns R\$ 15 milhões em investimento, dobraremos essa

marca”. Há milhares de máquinas em operação no País. A união da criatividade, *espionagem* com o famoso jeitinho brasileiro rendeu uma solução inovadora. A supercentrífuga nacional esconde um truque mecânico que se traduz em economia. O eixo central da máquina gira como por levitação, quase sem atrito entre as peças. “Ela vive mais tempo e consome menos. Em termos práticos, temos condição de competitividade extraordinária”.

Espionagem à brasileira

Segundo Hélio Contreiras (*Isto É*, 05.05.1999), o Brasil dominou a tecnologia do enriquecimento do urânio no início dos anos 80 à custa de uma bem montada operação de espionagem⁷. A revelação, feita a ISTOÉ, é do almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, que durante 15 anos presidiu a Coordenadoria de Projetos Especiais (COPESP), da Marinha. A COPESP chegou a ter 610 especialistas, que visitaram instituições científicas e mantiveram um intenso intercâmbio com colegas de países que detinham a tecnologia nuclear, entre eles Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, França e Holanda. Aproveitavam para garimpar informações estratégicas.

Pelo menos dois engenheiros tiveram amplo acesso a informações que foram fundamentais para o projeto nuclear brasileiro. Assim, o Brasil pôde concluir em apenas três anos, o processo de transformação do urânio em combustível nuclear. “O recurso à espionagem não foi uma opção usada apenas no Brasil, pois outros países fizeram o mesmo para alcançar o domínio de uma tecnologia que nenhuma nação cedia”, opina outro almirante, Hernani Fortuna, do Centro de Estudos de Política e Estratégia da Escola de Guerra Naval.

Fortuna alega que na ocasião era fundamental para o Brasil adquirir o domínio da tecnologia de enriquecimento de urânio, “o que foi negado ao País pelos Estados Unidos e por outras nações”. Formado em Engenharia Naval pela Politécnica de São Paulo, com especialização no Massachusetts Institute of Technology (MIT), o almirante Othon Silva se recusa,

⁷ Mantemos o termo utilizado pelo autor da reportagem.

naturalmente, a dar detalhes da operação de espionagem. Alega que suas declarações poderiam ser usadas num eventual processo internacional contra o Brasil. Cada palavra sua é proferida com extrema cautela. Segundo ele, as oportunidades de acesso a dados relevantes sobre tecnologia nuclear surgiram nos contatos realizados no Exterior.

A maior parte não foi espionagem. O país desenvolveu uma máquina que não existe em outras partes do mundo.

“Tínhamos uma boa equipe que sabia procurar aquilo que nos interessava”, explica. Parte do trabalho do almirante das desconfianças dos americanos era justamente preparar especialistas para que pudessem filtrar as informações de que o projeto necessitava, “Para quem sabe ver, fica mais fácil o trabalho de levantamento de dados. Você chega a um laboratório e já sabe o que interessa”, afirma.

O Brasil havia negociado o acesso da tecnologia de enriquecimento de urânio com a Alemanha em 1975. Na época, porém, os Estados Unidos pressionaram e conseguiram impedir a transferência. O Brasil teve, então, de aceitar a tecnologia alemã do jato centrífugo, que as pesquisas internacionais demonstraram ser economicamente inviável. Uma das desconfianças dos americanos era relacionada com o possível uso da tecnologia nuclear para a produção de artefatos. “No caso do nosso programa esta desconfiança não tinha sentido porque nosso objetivo era usar a tecnologia para fins pacíficos: nunca pensamos em armar os nossos submarinos com ogiva nuclear”, afirma Othon.

A desconfiança dos americanos em relação às reais intenções do Brasil e a preocupação dos Estados Unidos em evitar que o País dominasse a tecnologia nuclear fizeram com que o almirante passasse, ele próprio, a ser o alvo de espionagem. Othon garante que durante dois anos teve como vizinho um agente de informações do Consulado americano em São Paulo, “um homem ligado à CIA”. O militar brasileiro residia na Rua Fernão Cardim, 140, apartamento 191, em São Paulo. No oitavo andar, exatamente no apartamento 181, tinha um vizinho chamado Ray H. Allard.

Othon Silva conta que havia em São Paulo outros agentes ocultos da CIA à procura de informações do setor nuclear. O agente Allard era, então, usado também para desviar as atenções sobre os outros agentes. Segundo o almirante, Ray H. Allard não tinha nenhum trabalho regular, consistindo a sua única atividade na coleta de informações sobre as atividades da COPESP, que presidia, no gerenciamento do programa nuclear. Na sua avaliação, o governo brasileiro falhou ao não tomar providências no sentido de impedir que as ações de espionagem não fossem devidamente denunciadas ao Departamento de Estado americano ou que Allard cessasse suas atividades.

O agente escapou sem problemas. Um relatório confidencial da Marinha, cujo teor o almirante confirma, revela que ele desocupou o apartamento de São Paulo dia 26 de julho de 1994 e voltou aos Estados Unidos. “Seu retorno pode ter tido o objetivo de eliminar provas mais concretas do constrangimento que causou ao presidente da COPESP mais de dois anos”, diz o relatório.

5.3.1 - Outros aspectos

Por que pressionam os americanos⁸

No início, em 1979, o capitão-de-fragata Othon Luiz Pinheiro da Silva tinha apenas uma mesa e uma cadeira. Em seu modesto gabinete, na Marinha, ele começou a desenvolver a tecnologia que incomodaria a maior potência do planeta. Othon é considerado o pai do programa nuclear paralelo do Brasil, que agora está sendo criticado nos Estados Unidos. Os americanos acusam os brasileiros de não cooperarem integralmente com a Agência Internacional de Energia Nuclear (AIEA).

Durante 15 anos, Othon dirigiu a Coordenadoria para Projetos Especiais da Marinha (COPESP). Como quase tudo ligado ao projeto nuclear paralelo, a sigla não revela muito, mas a COPESP é responsável por um dos lugares mais secretos do país: o Centro Experimental de Aramar, em Iperó, a 100 km de São Paulo, onde foi desenvolvida a tecnologia nacional de enriquecimento de

⁸ Fonte: *O Globo*, 11.04.2004

urânio por ultracentrifugação, que a Marinha está fornecendo às Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

O programa paralelo só ficou conhecido publicamente em 4 de setembro de 1987, quando o governo brasileiro anunciou o domínio do processo de enriquecimento de urânio.

Quanto à assinatura do protocolo adicional ao TNP, observa o almirante Othon:

Todas as instalações nucleares brasileiras já são inspecionadas regularmente, inclusive com visitas-surpresa. O protocolo surgiu porque um dos países do Tratado de Não-Proliferação, Coréia ou Irã, tinha uma instalação nuclear não declarada. Ele permite que se inspecione tudo a qualquer momento, até o banheiro das nossas casas. É desnecessário num país como o Brasil, que é democrático, com imprensa livre e que convive com uma plantação de *arapongas* americanos. É impossível fazer uma instalação nuclear disfarçada aqui. Por isso, o protocolo é inaceitável.

Observadores americanos temem que nossos cientistas, por ganhar mal, passem a trabalhar para países que queiram fabricar armas nucleares. Quanto a isso, observa o almirante que é impossível afirmar que ninguém vá quebrar a ética. Não dá para pôr a mão no fogo por todo mundo. Mas não é da tradição brasileira fazer esse tipo de coisa. Mesmo assim, é preciso assegurar o mínimo de qualidade de vida para o nosso pessoal. Afirmou que, quando dirigia a COPESP, se preocupava muito com isso. Tanto assim é, que mandou construir casas para o pessoal civil. Quando houve cortes, depois que ele deixou o cargo, tentaram tirar o pessoal civil destas casas. Deu uma confusão danada. Alguns saíram e outros acabaram ficando. Isso causou um mal-estar terrível. Na realidade, os salários de lá estão congelados nos últimos dez anos — o que, obviamente não é bom.

O Brasil, segundo alguns, teria interesse de vender não só a exportação do serviço de enriquecimento como também a tecnologia da ultracentrifugação. Sobre isso opina o almirante, que vender a tecnologia é complicado e que tem dúvida se vale a pena. Seria interessante vender o serviço de enriquecimento pois há espaço para isso uma, vez que o mercado de combustível é de US\$ 17 bilhões anuais.

Por que a AIEA desconfia tanto do Brasil e vice-versa?

Assinala mais o almirante Othon não saber se a AIEA, como um todo, desconfia do Brasil, ou se as desconfianças são apenas por parte dos americanos. Se eles alegam que não podem abrir exceções, isso não tem nada a ver, porque os países visados são de regimes não-democráticos, enquanto o Brasil é um país democrático. O Brasil também não desconfia da agência. O ano é político e a pressão é unilateral, exercida pelos americanos, pois nós não cometemos falta alguma. O que está acontecendo não é por nossa causa.

Sobre se o submarino nuclear, como o Brasil pretende desenvolver, pode ser considerado arma de guerra, responde o almirante Othon que a própria interpretação da própria agência nuclear é de que não. Está explícito num dos itens do acordo que assinamos com a agência. Portanto, não há sentido em impedir que se use energia nuclear como motor de propulsão. Uma coisa é a interpretação da agência. Outra é a interpretação dos americanos.

Perguntado qual a interpretação dos americanos sobre o assunto, respondeu:

“Se um país tem a instalação nuclear, e não estou me referindo ao caso brasileiro, o tempo para desenvolver o artefato é menor se ele estiver ameaçado de invasão. Por outro lado, o país que deseja invadir o outro não faz esta operação sem concentrar as suas tropas. Não há como espalhar os soldados. Sendo assim, todo o artefato nuclear de pequeno porte é um inibidor para estas pretensões. Desestimula, quase impede, a invasão. Se um país tem como política a invasão, sem um acordo internacional, acaba indiretamente estimulando o outro a criar o artefato pequeno. Esta última invasão do Iraque foi unilateral. Provocou insegurança nos outros países. É natural que alguns países resolvam partir para esta direção. Mas, repito, não é o nosso caso”.

Sobre o fato de o projeto Aramar ter passado tanto tempo secreto, esclareceu: “O projeto era secreto porque ficaria muito difícil conduzi-lo sem o sigilo. Mesmo naquele período, trabalhei com várias instituições, que assinavam termo de compromisso. Não havia conotação política alguma. Era um projeto militar”.

Além disso, o almirante afirma que o Brasil é um país impregnado de espiões americanos, atentos a todos os movimentos. Para ele, a razão dos americanos para barrar o domínio do ciclo do urânio por outros países está ligada a interesses estratégicos. Para um país agressivo, como os Estados Unidos, explicou, é muito mais difícil invadir um país capaz de desenvolver um artefato nuclear de pequeno porte.

O programa todo custou cerca de US\$ 1 bilhão. Para a Marinha concluí-lo, ou seja, conseguir fazer o reator nuclear para seu submarino, seriam necessários mais US\$ 200 milhões. No ritmo atual dos recursos, afirmam os atuais gerentes, o programa só seria concluído em cem anos. 'O Brasil não cometeu falta alguma'

Traumas provocados pelos acidentes de Three Mile Island, nos Estados Unidos, em 1979, e Chernobyl, em 1986, na antiga União Soviética, minaram a confiança mundial na energia nuclear. Mas, no intervalo de uma geração, o interesse pelas usinas atômicas foi retomado — 31 delas estão em construção, segundo a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), representando um aumento de quase 10%.

E as projeções de expansão do uso de energia nuclear, feitas pela agência para os próximos 25 anos, mostram que, se em 2002 a produção nuclear mundial cresceu 0,4%, em 2030 crescerá 1,9%, um aumento de 400% — quando o mundo terá mais de oito bilhões de habitantes e precisará dobrar, segundo a agência, o consumo de energia elétrica per capita, numa estimativa do pior cenário possível.

Argumenta-se que a energia nuclear não deve sofrer oscilações de custo tal como oscilam os preços do petróleo, do gás e do carvão, num mundo que deverá, mais dia menos dia, ter quedas cada vez mais rápidas nas reservas de combustíveis fósseis. E argumenta-se que a energia nuclear é limpa. Em audiência no Senado americano no início do mês passado (março de 2004), um representante do Instituto de Energia Nuclear, órgão que congrega 270 empresas do setor, afirmou que as emissões de carbono evitadas pelas usinas nucleares dos Estados Unidos equivalem, num único ano, à eliminação

das emissões feitas por nove em cada dez automóveis de passeio.

Estudo multidisciplinar sobre o futuro da energia atômica, elaborado por uma equipe de cientistas do Massachusetts Institute of Technology, divulgado em 2004, sustenta que a energia nuclear “deve ser mantida, precisamente porque é uma importante fonte de energia livre de carbono”.

Mas há quatro problemas à espera de solução, segundo o estudo: custos relativamente altos; a percepção de que é uma energia que não oferece segurança e tem riscos ambientais e sobre a saúde; riscos advindos da proliferação nuclear, em termos geopolíticos; e a questão da administração, em longo prazo, do lixo nuclear.

O estudo faz recomendações quanto ao que deve ser o papel do governo americano para o futuro da energia nuclear. A primeira recomendação é a mais interessante: “Assegurar que a energia nuclear seja considerada no mesmo nível que outras tecnologias que reduzam a emissão de carbono”. Para que uma forma eficiente e competitiva de energia seja desenvolvida, “o governo federal deve apoiar programas em todas estas opções”, a saber, energia renovável, maior eficiência das atuais fontes de energia e meios de captura e estocagem do carbono emitido.

A realidade das opções permanece distante, a despeito dos investimentos feitos em energia de hidrogênio, a qual, segundo especialistas, deverá ter crescente importância nos países desenvolvidos, a começar pelos Estados Unidos. Na abertura da última conferência do Conselho Mundial de Energia, o secretário-geral, Gerald Doucet, defendeu a energia nuclear, entre outras razões, porque não existem opções economicamente viáveis ainda:

—Aqueles que pedem o não uso da energia nuclear acreditam que há opções limpas que, em termos do ciclo de vida completo do combustível, deverão ser mais baratas no longo prazo, mas o Conselho Mundial de Energia não descobriu opção alguma — afirmou Doucet. De todo modo, a marcha antiatômica na Europa reúne Áustria, Dinamarca, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo e Portugal. São países que ou abandonaram seus planos nucleares ou nunca os

tiveram. Bélgica, Holanda, Suécia e Alemanha estão reduzindo sua produção. E Grã-Bretanha, Espanha e Finlândia estabeleceram moratória para a construção de novas usinas.

Acesso irrestrito

Entre os tópicos do *Protocolo-modelo adicional aos acordos entre Estados e a Agência Internacional de Energia Atômica para aplicação de salvaguardas*, desenhado pela AIEA, que o Brasil considera invasivos para fins de segredo industrial, estão o artigo 2 e o artigo 5. O primeiro dá margem para que qualquer indústria fornecedora de um programa nuclear seja alvo de inspeção.

O país a ser inspecionado, segundo o texto proposto, “deve fazer todo esforço razoável para dar à Agência a seguinte informação: uma descrição geral e informação especificando a localização de pesquisa relacionada ao ciclo do combustível nuclear e atividades de desenvolvimento não envolvendo material nuclear que está especificamente relacionado a enriquecimento, reprocessamento de combustível nuclear”.

Já o artigo 5 reza que o país “deve dar à Agência acesso a: qualquer lugar em um sítio”, estabelecendo assim limite zero para o trabalho dos inspetores. Para o ex-ministro da Ciência e Tecnologia Roberto Amaral, existe uma tendência de aumento de usinas nucleares pelo mundo afora, e a competição econômica é um fator de pressão de uns países sobre outros:— A forma correta de controle é a contabilidade — diz ele.

Para Edson Kuramoto, diretor da Associação Brasileira de Energia Nuclear, a pressão para o protocolo adicional parte de premissa equivocada: — Até hoje, o Brasil não negou que vá assinar a ampliação do protocolo. O que se está fazendo é negociar a ampliação.

Kuramoto lembra que, entre os países que já assinaram a ampliação, estão nações que não têm peso competitivo no cenário nuclear mundial, ou têm peso nenhum, como o Vaticano e a Suíça. Os países da União Européia se comprometeram com o protocolo adicional, mas, segundo a AIEA, o protocolo ainda não entrou em

vigor porque os países ainda estão fazendo suas revisões, que bastam para a agência como garantia de adesão.

— As reservas de petróleo são finitas — diz ele. — Em 2020, vai se iniciar uma redução do uso do petróleo combustível para carros e aumentar o uso de, por exemplo, automóveis híbridos. A grande fonte de energia será o urânio.

5.4 – General Ernesto Geisel

Desde o início do Programa Nuclear Brasileiro, sempre houve a suspeita da oposição política ao governo de que o verdadeiro motivo da política do presidente Geisel era de adquirir a tecnologia da bomba atômica e do submarino nuclear.

É importante salientar que o governo brasileiro, por todo esse tempo, em nenhum momento admitiu que o Programa Nuclear estivesse interessado em qualquer tecnologia bélica, muito menos do submarino e da bomba atômica.

Ainda assim, devido ao incansável senso de investigação da imprensa da época, vários detalhes das operações militares vieram à tona, e que realmente revelava a existência do Programa Paralelo, que em muito foi mistificado pela própria imprensa, mas que tinha objetivos bem claros, e inicialmente, bem distantes da bomba.

Quando o Brasil firmou o já mencionado Acordo com a Alemanha, estava estabelecido que a Alemanha cederia ao Brasil a tecnologia da construção da central nuclear, bem como o método de enriquecimento do urânio, um processo considerado de altíssimo nível tecnológico, e ponto-chave do ciclo nuclear. Na época (e é assim até os dias atuais), eram conhecidos basicamente seis métodos de enriquecimento: por ultracentrifugação (usado por quase todos os países detentores de usinas nucleares) e por *jet-nozzle*, que estava em fase de desenvolvimento pela Alemanha. Como este país não tinha permissão da Comunidade Internacional para pesquisas neste campo, a Alemanha viu no Brasil uma excelente oportunidade, vendendo por um preço bem razoável, de instalar laboratórios para continuar suas pesquisas. Possivelmente aí o Brasil tenha cometido seu maior erro.

Dezenas de laboratórios foram aqui montados, diversos equipamentos foram comprados, e milhares de pessoas foram treinadas para tentar completar a pesquisa. Mas o que era suspeitado por muitos países acabou se confirmando: o processo por *jet-nozzle* era altamente complexo e totalmente inviável para os fins que o Brasil desejava. Com isso, o Acordo perdia quase que a metade de suas vantagens.

O enriquecimento do urânio é um processo extremamente complicado e, ao mesmo tempo, vital para o funcionamento de uma usina nuclear, uma vez que o combustível usado em sua maior parte dentro dos reatores é o urânio enriquecido. O urânio, como é encontrado na natureza, é o U^{238} , e depois de passar por processo de enriquecimento, é extraído o U^{235} que, depois de sintetizado com oxigênio, é encapsulado para ser comercializado e usado sob a forma de pastilhas.

É aí então que entra o Programa Paralelo. Os militares, sob liderança do General Golbery do Couto e Silva, Chefe da Casa Civil do Presidente Ernesto Geisel, visou à criação de um complexo de pesquisa tecnológica que tivesse como objetivo desenvolver e controlar o processo de enriquecimento do urânio por ultracentrifugação, secreto e sem fiscalização internacional. Depois da comprovação do fracasso do processo vendido pela Alemanha, o então diretor-geral de Materiais da Marinha, Maximiano da Fonseca, iniciou a articulação das três Armas. Daí, foi então criado o Centro Experimental Aramar, em Iperó, no interior do estado de São Paulo.

Conforme as instalações militares progrediam, o público investigava cada vez mais os reais objetivos de Aramar, e em 1986 a Marinha finalmente admitiu o fato de que o Complexo, além de pesquisar o processo de ultracentrifugação, também realizava pesquisas no campo de reatores nucleares de 50 Mwatts para serem instalados em submarinos nucleares. Conforme o contra-almirante Mario Cezar Flores, “O projeto Aramar será um centro de testes de propulsão, inclusive para o submarino nuclear, conforme tecnologia já aplicada em outros países, como a Inglaterra. Os testes com o reator do submarino movido à energia nuclear são feitos em terra.” Muito antes, em 1982, os militares já anunciavam

que haviam dominado por completo o conhecimento do processo de enriquecimento via ultracentrifugação. O Programa Paralelo começava a mostrar resultados.

Em fins de 1986, já no governo do presidente José Sarney, a imprensa novamente atacou publicando a descoberta de várias contas bancárias secretas do governo, assim como movimentações financeiras de altíssimos valores, sem registro de origem nem destino. (sic) Na mesma época, foi descoberto no sul do Pará o campo de prova da Aeronáutica Brigd^o Velloso, conhecido como Serra do Cachimbo, que continha perfurações de 320 metros de profundidade, revestidas de cimento, cuja finalidade nunca teria sido explicada de forma convincente pelos militares.

Um estudo feito pela Comissão de Acompanhamento da Questão Nuclear, da Sociedade Brasileira de Física, mostrou a semelhança dessas perfurações com as existentes no *Nevada Test Site*, nos Estados Unidos, que são utilizadas para testes nucleares subterrâneos. Além de tudo isso, o Centro Tecnológico da Aeronáutica desenvolvia o projeto de um foguete brasileiro destinado, em princípio, a ser um veículo lançador de satélites, mas que poderia ser adaptado para carregar ogivas nucleares, partindo das já construídas plataformas de lançamento de Natal e Alcântara.

Todos esses dados indicariam claramente que o Projeto Aramar estava perseguindo a idéia da Bomba Atômica impetuosamente. Conforme publicado pelo jornal *O Estado de São Paulo*⁹, “a arma nuclear estratégica principal do Brasil seria um artefato de 20 a 30 quilotons (quatro a seis vezes mais poderoso do que o usado em Hiroshima), feito com plutônio e lançado por um imenso míssil de 16 metros de altura, 40 toneladas de peso, classe MRBM (Medium Range Ballistic Missile), capaz de cobrir cerca de 3 mil quilômetros transportando uma ogiva de guerra de mais de uma tonelada. É a versão militar do VLS/Veículo Lançador de Satélite, que o Instituto de Atividades Espaciais, de São José dos Campos, prepara...” Esta notícia jamais foi confirmada pelos militares. Mas também nunca foi desmentida”.

⁹ Não conseguimos identificar qual a edição d'*O Estado de São Paulo*, nem a confirmação ou negativa dessa notícia.

Em 1991, durante o governo Collor foram fechadas todas as instalações da Serra do Cachimbo e o Complexo Aramar continua a existir com limitados recursos financeiros encaminhados pela Marinha.

6 – Enriquecimento do Urânio

6.1 – Urânio enriquecido: Brasil rompe mais uma barreira

As pesquisas empreendidas pela Marinha em busca de seu submarino atômico começam a espriar tecnologia para outros setores e comprovam o nível de capacitação alcançado pelos cientistas do país

O Brasil, desde Jan. de 2005, produz, de forma comercial, urânio enriquecido a 3,5%, através das Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), empresa ligada à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A tecnologia a ser empregada é fruto das pesquisas do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), cujo projeto central é o desenvolvimento de um reator nuclear que possa equipar um submarino. O diretor do CTMSP, o contra-almirante Wilson Jorge Montalvão, especialista em Eletrônica, aponta o entendimento entre a Marinha e a INB como uma prova do avanço brasileiro no setor. Os entendimentos estão praticamente concluídos para a ativação da fábrica, localizada em Resende, no sul fluminense.

À Marinha caberá o fornecimento de tecnologia e das ultracentrífugas para a instalação industrial de enriquecimento de urânio, que será localizada na INB. Essas ultracentrífugas serão fabricadas e instaladas pela Marinha. Esse tipo de cooperação entre o setor de pesquisas militares e o setor civil é comum nos países detentores da tecnologia nuclear. Vale lembrar, como exemplo, a importante participação da Marinha dos Estados Unidos no desenvolvimento de usinas nucleoeletricas do tipo PWR, a partir da instalação de propulsão nuclear que fora desenvolvida para o submarino Nautilus.

O Almirante Montalvão justifica, sem dificuldades, o fato de ter a Marinha se envolvido em pesquisas avançadas no setor nuclear:

com seu litoral imenso e desguarnecido, o país pode superar a relativa limitação de suas forças navais com o desenvolvimento de um submarino atômico — uma unidade capaz de alterar inteiramente o peso estratégico das forças de defesa. Segundo ressalta, um único submarino nuclear é capaz de recomendar outros níveis de cautelas ao inimigo.

Caminhada solitária

“A necessidade de o programa nuclear da Marinha - diz o almirante - advém da impossibilidade de se contar com transferência de tecnologia ou qualquer ajuda externa na obtenção de um submarino de propulsão nuclear, identificado como a opção mais eficiente e econômica para defesa da fronteira marítima brasileira. Devido ao alto valor estratégico do submarino de propulsão nuclear e ao imenso potencial econômico dessa tecnologia, nenhum dos cinco países (Estados Unidos, França, Inglaterra, Rússia e China) que a detêm, dispõe-se a transferi-la. Conseqüentemente, para a consecução desse objetivo, a Marinha necessitava capacitar-se tecnologicamente para o desenvolvimento de uma instalação propulsora nuclear à água pressurizada.”

Lembra, ainda, que “nos países que projetam e constroem submarinos nucleares, os esforços tecnológicos para atingir tal capacitação consistiram em verdadeiros programas de arraste, pois geraram uma série inovadora de materiais e equipamentos que são de grande utilidade em diversos setores da sociedade. Cabe lembrar que o esforço foi o embrião da indústria de centrais nucleoeletricas daqueles países, pois o reator do tipo a água pressurizada (PWR), que é responsável por 2/3 da energia elétrica gerada nuclearmente em todo o mundo, originou-se da propulsão nuclear naval, onde é empregada na totalidade dos navios em operação.”

No caso do Brasil, a Marinha teve ainda a necessidade de, inicialmente, capacitar-se no desenvolvimento do ciclo de combustível nuclear, “tendo tal iniciativa acarretado diversos benefícios para a sociedade”, aponta o almirante. Assim é que, atualmente, são projetados e fabricados no Brasil, por empresas

nacionais, inúmeros materiais, componentes, equipamentos e sistemas, com alto grau de tecnologia agregado, que anteriormente necessitavam ser importados. A quantidade de itens produzidos e a diversificação de setores da indústria nacional beneficiados por essa utilização permitem demonstrar o êxito obtido em decorrência do esforço planejado de nacionalização existente no âmbito do programa da Marinha.

Esse efetivo processo de transferência de tecnologia, que cronologicamente ocorreu primeiro em decorrência do esforço realizado no ciclo do combustível, está se repetindo como resultado do desenvolvimento dos equipamentos e sistemas destinados à planta naval de propulsão (reator, turbinas e geradores).

No caso do ciclo do combustível, vale ainda destacar que a capacitação tecnológica alcançada pela Marinha no processo de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação (disponível em poucos países) já em operação foi transferida para o setor energético nacional, através de contrato firmado com as Indústrias Nucleares do Brasil (INB), responsável pelo fornecimento de combustível para as usinas de Angra.

O almirante lembra que o submarino de propulsão nuclear, como instrumento de altíssima eficiência na defesa dos interesses marítimos brasileiros, já produz, em si, uma série de benefícios econômicos e sociais para o país, dada a importância do mar para a vida econômica, social e política do nosso país.

As aplicações dessa tecnologia na indústria (verificação não-destrutiva de qualidade das soldas, avaliação de propriedades físicas, verificação de vazamentos, verificação de desgaste de materiais, estudos hidrológicos, etc.); na medicina (tanto no diagnóstico como no tratamento de doenças); na agricultura (contribuindo para o aumento da produtividade e conservação dos alimentos, e auxiliando no estudo de solos); e na biologia e no meio ambiente (no estudo de plantas, insetos, animais e microorganismos) produzem inestimáveis benefícios econômicos e sociais para o país.

“Vale lembrar a enorme carência no tocante aos radioisótopos utilizados em tratamentos médicos: hoje, apenas cerca de 5% podem ser produzidos no Brasil, sendo os demais importados.

Essa situação só poderá ser revertida com a existência no país de outras instalações, além do Ipen, aptas a produzir esses radioisótopos. Cumpre ressaltar que muitos desses radionuclídeos possuem vida muito curta, obrigando à importação de quantidades muito maiores do que as que seriam necessárias se eles fossem produzidos no Brasil, o que representa um custo econômico muito mais elevado”, assinala o almirante Montalvão.

Integração científica

O almirante explica que as dificuldades políticas de maior vulto “deveram-se às pressões internacionais, motivadas pelos países detentores da tecnologia nuclear, que tentam, de várias maneiras, dificultar a capacitação de outros países, principalmente os menos desenvolvidos. Uma das formas de pressão mais comuns consiste no estabelecimento de barreiras à importação de produtos que possam ter alguma aplicação nuclear. No caso do Brasil, impostas inicialmente pela não-adesão ao Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP). Atualmente, apesar de o Brasil ter aderido, em 1997, a esse e a outros acordos internacionais de salvaguardas nucleares, elas persistem.”

Diante da impossibilidade de alcançar qualquer colaboração externa, a Marinha teve que optar por um programa autônomo de pesquisa e desenvolvimento, enfatizando a integração com a comunidade técnico-científica e empresas nacionais. Deste modo, o programa buscou estreita cooperação com instituições de pesquisas e universidades localizadas no estado de São Paulo, destacando-se o Ipen, a USP, o IPT, o CTA e a Unicamp. Essa cooperação, segundo a Marinha, foi posteriormente ampliada com a participação de outras instituições e universidades de outros Estados, tornando-se um aspecto decisivo para a superação das dificuldades técnicas.

À semelhança do que ocorreu em todos os países que dominam a tecnologia de construção de submarinos nucleares, o programa nuclear naval da Marinha também prevê o projeto e a implantação de um protótipo em terra de uma instalação nuclear, com o objetivo primordial de assegurar previamente os atributos de segurança e eficiência da instalação embarcada.

Para que o projeto dessa instalação fosse viável, havia a necessidade adicional de se garantir o fornecimento do seu combustível, sem dependência externa. As primeiras ações da Marinha nesse sentido voltaram-se para o domínio daquela etapa do ciclo do combustível nuclear de maior complexidade tecnológica e com maior valor estratégico, o enriquecimento isotópico de urânio, de cuja tecnologia o Brasil não dispunha.

“O processo escolhido para alcançar esse objetivo foi a ultracentrifugação gasosa, pois era o mais promissor, além de apresentar melhor desempenho, maior flexibilidade de operação e menor consumo de energia”, explica, por sua vez, o comandante Paulo Afonso Barbosa da Silva, engenheiro naval e nuclear.

Os êxitos iniciais alcançados no desenvolvimento desse processo permitiram que a Marinha se dedicasse às atividades subseqüentes do seu programa: o projeto das instalações-piloto de demonstração industrial do ciclo do combustível; o projeto do protótipo em terra da planta de propulsão nuclear naval; e a procura por um local apropriado para abrigar essas instalações e toda a infra-estrutura necessária.

Dentre os vários locais analisados, o escolhido foi o sítio localizado em Iperó — onde, desde 1986, iniciou-se a implantação do Centro Experimental Aramar, que foi inaugurado no dia 8 de abril de 1988.

Aramar, segundo o comandante Paulo Afonso, é uma palavra composta das sílabas iniciais de Araçoiaba, nome indígena do local e que significa Casa do Sol — que, aliás, vai bem com energia nuclear - e a sílaba inicial de Marinha. Assim, Aramar é a Casa do Sol da Marinha.

Na sua Casa do Sol, os técnicos e cientistas da Marinha e das diversas instituições ligadas ao programa tiveram que enfrentar os desafios de um esforço autônomo de pesquisa e desenvolvimento.

"Toda a tecnologia atualmente dominada, em conseqüência desse programa, foi realizada no Brasil, por brasileiros, adotando soluções e inovações compatíveis e adequadas às nossas necessidades e condições econômicas. O alto grau de inovação dessa tecnologia pode ser avaliado, por exemplo,

no desenvolvimento das ultracentrífugas para enriquecimento isotópico de urânio, que não têm similares no exterior", diz Montalvão.

"Além dos resultados já apontados, é importante lembrar que o programa, ao buscar efetivamente o domínio e a aplicação de avançadas tecnologias que até então não eram disponíveis no país, tem contribuído para o seu desenvolvimento científico e tecnológico, os quais constituem condições necessárias para o desenvolvimento econômico e social do Brasil", explica o almirante Montalvão.¹⁰

6.2 – Interesses alienígenas

Interesses internacionais contra enriquecimento de urânio no Brasil

Em dezembro de 2003 o “The New York Times” noticiou, com suspeito alarde, a resistência brasileira em franquear a inspetores da AIEA a área onde estão instaladas as centrifugadoras desenvolvidas pelo País. Em abril de 2004 o “The Washington Post” tomou o assunto e estabeleceu uma contenda entre a posição norte-americana e o Governo brasileiro sobre seu direito em manter em sigilo seu processo revolucionário de enriquecimento de urânio com a manchete “Brasil oculta instalações de urânio”. Segundo o jornal norte-americano, o Governo brasileiro ao se recusar a receber inspeções da AIEA, abre um “perigoso precedente” para outros países, sabidamente Coréia do Norte e Irã.

Em 2003, a fábrica da INB recebeu seis equipes de inspeção da AEIA. Nenhuma constatou qualquer irregularidade. A INB só manteve sob sigilo as ultracentrífugas. Para proteger seu segredo, exibiram aos inspetores um vídeo. O processo proposto era idêntico ao já usado em Aramar.

Em setembro de 2003, o Governo começou a ser instado a assinar um Protocolo Adicional de Salvaguardas liberando o acesso a toda e qualquer instalação nuclear, isto é, à sala em que ficam as ultracentrífugas. Em dezembro, uma carta da AIEA encaminhou o pedido.

¹⁰ Veja matéria completa na revista Cadernos do Terceiro Mundo 218.

“Não se trata de não aderir ao protocolo, mas de como essa adesão deve ser feita para preservar nosso desenvolvimento tecnológico”, disse o ministro das Relações Exteriores, em audiência pública na Câmara dos Deputados. “É uma questão de soberania”. “O País cumpriu todos os acordos de não proliferação de armas — o que não foi feito pelas potências nucleares”, disse. O Brasil negocia com a AIEA e a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle (ABACC) a rotina de visitação na planta de Resende.

Uma das propostas do Governo brasileiro para resolver o impasse é a inspeção na entrada e na saída do urânio. A forma, a altura, as dimensões e o material que compõem a centrífuga permanecerão desconhecidos para os representantes da Agência. Sabendo qual o volume do urânio bruto que é processado e qual o montante que sai enriquecido, é possível constatar que não houve desvio de material.

O País tem permissão para fazer o enriquecimento de urânio em até 20%, o que é suficiente para produzir energia capaz de mover usinas nucleares, acionar submarinos atômicos e dar base a inovações nas indústrias da medicina e da alimentação. A 90%, o urânio compõe uma bomba nuclear. Jamais qualquer inspeção internacional concluiu que houve, aqui, uma ultrapassagem dos limites determinados.

"Eles ficam intrigados com o fato de as máquinas trabalharem em absoluto silêncio", assinala o ex-ministro da Ciência e Tecnologia, Roberto Amaral. "Os motivos para tanta pressão são puramente comerciais", diz Amaral. Parece que as máquinas brasileiras são capazes de enriquecer urânio a um custo até 70% menor do que o obtido pelos equipamentos existentes nos Estados Unidos, na França e no Canadá. Crê-se que a tecnologia nacional está pelo menos cinco anos à frente da estrangeira. Especialistas disseram duvidar que a tecnologia brasileira seja de ponta, como o governo brasileiro alega. Muitos especialistas dizem que a ultracentrífuga do Brasil é similar à chamada P2, que se encontra no Irã e no Paquistão.

Existem dois tipos de tecnologia para ultracentrífugas: uma é lubrificada a óleo, não mais usada usada hoje em dia, e a outra, desenvolvida no Brasil, é a eletromagnética, em que não ocorre um contato direto entre reator e demais itens.

Enquanto o processo de difusão gasosa, usado na França, precisa de duas usinas nucleares atrás de si e uma terceira de reserva e uma terceira de reserva, para terem força suficiente para enriquecer o urânio em escala industrial, as brasileiras não gastam praticamente energia nenhuma. “O ar-condicionado da sala puxa mais energia do que mil das nossas máquinas”, comparou o almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva.

Com preço reduzido para o enriquecimento, e tendo no subsolo uma das maiores reservas do planeta, a médio prazo o Brasil pode se tornar um exportador do combustível nuclear com ampla vantagem competitiva sobre os países mais ricos. A partir de então, o País entra para um clube de países que disputam o bilionário mercado de combustível nuclear: EUA, Rússia, França e Inglaterra, que têm bombas atômicas, são membros do Conselho de Segurança das Organizações das Nações Unidas (ONU) e, portanto, estão sujeitas a inspeções restritas.. Além deles, há Alemanha e Holanda, que, assim como o Brasil, renunciaram à produção de bombas.

Há seis processos atualmente conhecidos [ultracentrifugação, difusão gasosa, jato centrífugo, eletromagnético, a laser, que obrigatoriamente usam sistemas de entrada do gás de urânio (hexafluoreto de urânio, UF₆) e de saída (tubulações que recolhem o gás de urânio enriquecido e o armazenam em cilindros), por vortex (quem gira não é o corpo de centrífugas, mas o gás) e um processo por colunas termoiônicas]. Os EUA utilizam o processo de difusão gasosa, assim como a França e este é o processo mais caro, e teria chegado a seu limite máximo de desenvolvimento. Essa seria a razão pela qual os americanos estariam cobiçando a tecnologia brasileira de enriquecimento de urânio, tanto que pensam em se associar a URENCO para obter um processo mais barato. Isso tudo significa que o Brasil, hoje comprador, ao preço estimado de US\$ 2,3 milhões/t, terá amplo mercado ao se tornar produtor. (O enriquecimento a laser ainda se encontra em fase de desenvolvimento.)

No mundo, produzem-se cerca de 2,5 milhões de gigawatts/ano em energia nuclear. 80% da energia consumida pela França tem origem nuclear. Os Estados Unidos, com cerca de 100 usinas nucleares atualmente, já anunciaram a construção de outras 18 nos próximos anos. — um parque de 700 GW que nos próximos 30 anos

adicionará mais 650 GW e renovará 300 GW. Ao mesmo tempo, o governo Bush lançou um plano de US\$ 300 milhões para aprimorar as suas ultracentrifugadoras.

Pirataria industrial

Depois que o Brasil assinou o acordo nuclear com a Alemanha, o chamado clube atômico, liderado pelos EUA, bloqueou ao País o acesso à tecnologia do combustível nuclear. A saída foi montar um programa próprio nos anos 80 fora do alcance dos inspetores da AIEA. O trabalho uniu esforços do Centro Tecnológico da Aeronáutica, do Instituto de Pesquisas Nucleares e do Centro de Aramar, da Marinha.

A Agência permitiu à Marinha brasileira ocultar através de painéis um grupo de centrífugas por diversos anos em uma fábrica-piloto (no caso, Aramar). Se a Agência pôde certificar durante anos a planta piloto sem ter tido acesso às centrífugas, o mesmo pode ser feito em Resende.

A versão oficiosa para limitar o acesso irrestrito às instalações nucleares brasileiras é o fato de o Brasil ter, em diversas oportunidades, recorrido a expedientes pouco ortodoxos para obter equipamentos no mercado externo. Revelar agora a existência desses equipamentos traria constrangimento aos fornecedores estrangeiros (especialmente da Itália e Alemanha) e cortaria o acesso do Brasil a peças de reposição.

Karl-Heinz Schaab, ex-empregado da alemã MAN Technologie AG por 12 anos, desenvolveu centrífugas para o consórcio URENCO na década de 70. Doze anos depois, foi condenado por *alta traição* num tribunal em Munique, junto com seus sócios, Bruno Stemmler e Walter Busse, por contrabandear para o Iraque 20 rotores de fibra de carbono para ultracentrifugas, bem como, um conjunto completo do modelo TC-11 da URENCO. Há indícios de que Schaab e outros especialistas teriam ajudado o Brasil da mesma forma. Isso é motivado pelo fato de que, entre 1988 e 1989, eles teriam tido seus passaportes, várias vezes, carimbado em Bagdad e São Paulo — Iperó. Schaab supostamente forneceu equipamentos à Marinha brasileira na mudança de máquinas de aço para centrífugas de fibras de carbono.

Soberania

“Que tipo de tecnologia o Brasil produziu que países como Rússia e Inglaterra não conseguiram?”, questiona o físico José Goldemberg. Na edição de 18.10.2004 a revista *Veja* em um artigo ironiza a tecnologia nuclear brasileira ao proteger o segredo industrial de enriquecimento. “Enquanto alguns países se dedicam à fissão nuclear, fusão nuclear, o Brasil desenvolve a ficção nuclear”.

“É preciso ver se isso vale o desgaste político”, provocou o deputado Fernando Gabeira (sem partido), especialista no assunto. Patentear o processo não seria aplicável porque, segundo o deputado, ele não se encaixa nos acordos de propriedade intelectual.

Marcada para avaliar a negociação do bloco comercial das Américas (ALCA), a audiência de Celso Amorim na Câmara dos Deputados (06.04.2004) foi um termômetro da influência nuclear nas negociações com os EUA. Nas três horas de sabatina, foi difícil escapar do assunto.

Ocultar segredos industriais a técnicos da AIEA permitiu a analistas internacionais incluir o Brasil no **eixo do mal**, que reúne os países que representam ameaça bélica, entre eles, Síria, Irã e Coréia do Norte. “É inaceitável nos comparar ao Irã”, diz o físico Anselmo Paschoa, que negociou com a AIEA o controle das instalações brasileiras. “Aplicamos aos adversários as mesmas regras que usamos com os amigos”, explicou James Goodby, negociador norte-americano.

— O Brasil está rigorosamente cumprindo com suas obrigações internacionais. Em todas as inspeções, o modo de realizá-las é sempre negociado. Segundo o ministro Amorim, os tratados internacionais dos quais o Brasil é signatário, prevêm que as inspeções sejam feitas para assegurar que a energia será usada para fins pacíficos mas, ao mesmo tempo, preservando o segredo da tecnologia desenvolvida em cada país.

Durante a campanha presidencial de 2002 o candidato Lula declarou sobre o TNP: “Só teria sentido se todos os países que já detêm armas nucleares abrissem mão das suas. Ora, por que um cidadão pede para eu me desarmar, para ficar com um estilingue, enquanto ele fica com um canhão para cima de mim? O Brasil só vai ser respeitado no mundo quando for forte econômica, tecnológica e

militarmente”. Depois de assumir a Presidência o ex-ministro do MCT Roberto Amaral, quando estava hospitalizado em janeiro de 2003, fez um comentário desastrado a BBC de que o Brasil deveria obter domínio de uma bomba nuclear.

Há mais de 14 anos que o Brasil é um diligente participante do Tratado de Não Proliferação Nuclear e garantiu em sua Constituição a utilização pacífica de conhecimentos nucleares. “Assinei o tratado pela convicção de que, para um país como o Brasil, sem inimigos, a bomba representaria gastos desnecessários de bilhões de dólares”, disse o ex-presidente Fernando Collor à revista DINHEIRO. Depois disso, o programa nuclear foi vítima de uma série de cortes orçamentários.

O ministro das Relações Exteriores, Celso Amorim, defendeu que o Brasil tem o *direito* de restringir (alguns tipos de) inspeções nucleares no País. No entanto, segundo ele, o modo de realizar as inspeções “deve ser sempre negociado”, pois é necessário proteger a tecnologia (nuclear) desenvolvida pelo Brasil.

“O país tem procurado encontrar a maneira que, ao mesmo tempo assegure que nossa utilização de energia nuclear é totalmente para fins pacíficos e garanta a possibilidade de termos tecnologia própria nesse setor, que é tão importante economicamente; não há razão para que o Brasil fique fora dele”, declarou Amorim, durante palestra na Câmara de Comércio Americana do Rio. O ministro discordou da maneira como a reportagem do “Post” foi escrita e atribuiu a “acusação” ao Brasil como tendo origem em interesses de alguns organismos norte-americanos, como organizações não-governamentais”.

Entrechoque de forças

A estratégia brasileira é negociar os termos da inspeção da planta e, enquanto isso, adiar a adesão ao Protocolo Adicional, que estabelece normas mais rigorosas para as inspeções. Dentro do Governo há a preocupação de que o conhecimento tecnológico brasileiro seja repassado a empresas de processamento de urânio.

Em 13.04.2004 o ministro mexicano Luis Ernesto Derbez declarou em Brasília o apoio do México à posição brasileira. O

secretário para o Hemisfério Ocidental, Roger Noriega, declarou (14.04.2004) que o Governo norte-americano confia nos brasileiros quanto às suas aspirações nucleares pacíficas. Mesmo assim houve reuniões por dois dias em Brasília a portas fechadas com o representante norte-americano, John Wolf. Em 19.04.2004 a AIEA mostrou-se mais irritada do que desconfiada em relação ao Brasil, porque no entender brasileiro a inspeção da AIEA é vista como uma extensão dos interesses norte-americanos. Embora visite mais de 900 instalações com múltiplas tecnologias na área nuclear não vê por que o Brasil possa se sentir ameaçado com quebra de sigilo. Porque talvez tenhamos invadido o sigilo dos outros com mais segredos quebrados.

O secretário de Energia dos EUA, Spencer Abraham, desembarcaria em Brasília para insistir na reivindicação de ver as máquinas brasileiras. Na mesma semana, uma delegação brasileira chefiada pelo presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear embarcou para Viena (12.04.2004) para explicar à Agência Internacional de Energia Atômica que o Brasil procede o enriquecimento do urânio apenas com fins pacíficos. As negociações, iniciadas em dezembro de 2003, não foram concluídas, não havendo, portanto, um parecer definitivo da Agência sobre o comportamento do Brasil em relação ao assunto.

Caso aceite assinar o Protocolo Adicional, o Brasil estará autorizando inspeções plenas e também concordando em entregar a lista completa dos fornecedores de todos os equipamentos utilizados na construção das centrífugas. O Brasil foi pressionado pelos fornecedores alemães e italianos a não abrir suas instalações à AIEA, nem passar a eles a lista das peças. Eles estão enfrentando inspeções cada vez mais severas, e alguns já receberam punições das agências reguladoras européias por vender equipamentos sem fins específicos que acabaram sendo usados em usinas de enriquecimento de urânio. Com a intensificação da guerra ao terror liderada pelos americanos, a paranóia das agências de fiscalização, compreensivelmente, está cada vez maior.

O Brasil e a Agência Internacional de Energia Atômica cederam sobre alguns dos pontos que emperravam a avaliação da fábrica de enriquecimento. O Brasil concordou em mostrar mais tubos, válvulas

e conexões e a Agência considera a hipótese de avaliar a fábrica sem “acesso irrestrito” às instalações.

Em 19.10.2004, representantes da AIEA fizeram uma pré-inspeção. Existem duas etapas de checagem pela AIEA para este tipo de projeto: a verificação de desenho e a rotina de inspeções. A primeira consiste em conferir se o proposto na planta da fábrica foi efetivamente posto em prática. A segunda significa observar o andamento da fábrica, quando ela entrar em funcionamento. O que os representantes da agência definiram até o dia 20.10 é o procedimento necessário para realizar a verificação do desenho.

O grupo que avaliou a fábrica é composto por um sul-africano, um francês e um americano. Caso o procedimento proposto pelo Brasil seja aprovado, em novembro de 2004 a Agência enviará técnicos para realizar a checagem propriamente dita. Caso os representantes da Agência aprovelem a sistemática e os inspetores cheguem a um acordo sobre a planta, a fábrica entrará na fase de comissionamento.

No comissionamento, pequenas quantidades começam a ser testadas. Esta etapa dura, em média, 6 meses. Durante este período, se tudo correr como o previsto, o Brasil começará a negociar a rotina de inspeção, quando a fábrica realmente começar a produzir em escala. A estimativa da CNEN é de uma produção na casa do milhar, enquanto usinas de outros países trabalham com milhões. O projeto ainda está longe da viabilidade comercial, o que o Brasil tenta proteger agora é a vantagem potencial.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear negou as suspeitas levantadas pela *Science* de que o Brasil se prepara para construir ogivas nucleares. Os autores, os pesquisadores Liz Palmer e Gary Milhollin, afirmam que a capacidade de produção de urânio da fábrica seria suficiente para fazer até 6 ogivas nucleares por ano. Se ampliada, sustentam, esta produção poderia chegar a 63 ogivas em 2014. Ao tomar conhecimento do conteúdo do artigo assinado por Liz Palmer e Gary Milhollin, a assessoria de Comunicação Social do órgão afirmou que as informações eram fantasiosas e reiterou uma nota oficial já divulgada anteriormente, quando as mesmas suspeitas surgiram durante a visita do ministro da Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, à Europa.

Na ocasião, o Ministério da Ciência e Tecnologia repudiou “notícias que vêm sendo divulgadas e atribuídas a fontes anônimas e sem respaldo de qualquer instituição ou país, e que tentam associar décadas de desenvolvimento científico e tecnológico a procedimentos escusos ou a escândalos internacionais, cabendo a essas fontes e à mídia que as abriga, o ônus da prova”.

Sobre a possibilidade de fabricação de armas nucleares ou de envolvimento do alemão Schaab no desenvolvimento das centrífugas brasileiras, o ministério informou que “não reconhece qualquer sombra de veracidade nas mesmas e lastima o fato, tendo a certeza de que tais veiculações, sejam quais forem suas intenções, não conseguirão afetar nossa relação com a AIEA e nem nosso destino como país detentor de tecnologias de ponta e estratégicas”.

O ministério e a CNEN afirmaram que o processo de negociação sobre os procedimentos de inspeção de salvaguardas, razão da visita dos inspetores, a serem implantados na unidade de enriquecimento de urânio das Indústrias Nucleares do Brasil, “seguem procedimento absolutamente normal em negociações dessa natureza, não cabendo especulações sobre negação de acesso ou tentativa de não-cumprimento de acordos internacionais por parte do Brasil, assim como são infundadas quaisquer especulações sobre suspeita do governo brasileiro em relação às intenções da AIEA”.

6.3 – Polêmicas causadas por Inspeções internacionais

Brasil resiste a pressões de agência nuclear da ONU para permitir acesso visual às ultracentrífugas de Resende ¹¹

Desde março de 2004, o Brasil está envolvido em uma polêmica que levou a energia nuclear às manchetes dos jornais. Em abril, fomos acusados de impedir o trabalho dos inspetores da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), braço nuclear da ONU, nas instalações da fábrica de enriquecimento de urânio **que será inaugurada em Resende**, no Estado do Rio de Janeiro. O país estaria impedindo o acesso visual às ultracentrífugas que realizam o processo, alegando proteção de segredos industriais.

¹¹ BRASIL NUCLEAR, ANO 11, NÚMERO 27, SET/OUT - 2004

A acusação surgiu em matéria publicada pelo jornal americano *The Washington Post*, causando grande repercussão, que trouxe à tona questões antes adormecidas, como a soberania nacional e o caráter estratégico da tecnologia nuclear.

Na matéria, o jornal insinua que o Brasil poderia estar planejando fabricar armas nucleares, camuflando a intenção com um programa pacífico. No texto, especialistas de *think tanks* — centros de estudos privados americanos — pedem medidas enérgicas por parte do governo dos Estados Unidos para impedir que o Brasil inaugure a fábrica de enriquecimento ou, ao menos, insista para que o país permita as inspeções planejadas pela agência.

De acordo com os especialistas, permitir que o Brasil enriqueça urânio e restrinja a capacidade de inspeção da AIEA seria prejudicial aos esforços da entidade em impedir que Irã e Coréia do Norte tomem atitudes semelhantes. A iniciativa também seria contrária à intenção dos Estados Unidos de impedir a disseminação da tecnologia do enriquecimento de urânio. Em discurso no dia 11 de fevereiro, o presidente George W. Bush anunciou planos para impedir que países que não produzem combustível nuclear venham a fazê-lo, como uma forma de evitar a proliferação de material nuclear e a possibilidade de produção de armamentos. Em contrapartida, receberiam combustível para usinas nucleares dos países produtores a preço de mercado.

EUA pressionam Brasil para assinar protocolo adicional

Dias depois, o Departamento de Estado do governo americano conclamou o Brasil e a AIEA a trabalharem juntos para assegurar a plena implementação do acordo de salvaguardas nas instalações de enriquecimento de urânio em Resende. Adicionalmente, pediu que o Brasil rapidamente aderisse ao protocolo adicional da AIEA, o que permitiria a ampliação do escopo das inspeções da agência, tornando-as mais abrangentes e intrusivas.

A postura do governo brasileiro — através dos ministérios das Relações Exteriores e da Ciência e Tecnologia — tem sido a de reafirmar o direito do país de proteger seus segredos industriais

— o que é permitido pelos acordos de salvaguardas assinados com a AIEA — e, portanto, de não permitir inspeções visuais às ultracentrífugas de Resende, já que se trata de tecnologia de ultracentrifugação inovadora desenvolvida pelo país. O governo também alega que o Brasil cumpre todas as obrigações assumidas nos acordos internacionais dos quais é signatário e que todas as atividades nucleares nacionais são submetidas à fiscalização da agência.

Quanto ao protocolo adicional, o ministro da Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, tem afirmado que o tema não está na pauta do governo brasileiro e que o momento certo para tomar uma decisão será em junho **de 2005**, quando se realizará a 6ª Conferência de Revisão do Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP), em local ainda não definido.

Em junho, em entrevista ao jornal O Globo, o diretor-geral da AIEA, Mohamed El-Baradei, afirmou que a agência faz questão de ver as ultracentrífugas de Resende para assegurar que o Brasil está cumprindo seus compromissos de não-proliferação nuclear. Ele disse ainda que esta é a forma sob a qual as inspeções são feitas no mundo inteiro e que o Brasil não será exceção.

Entretanto, no final de setembro, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) divulgou que o Brasil estaria próximo de chegar a um denominador comum com a AIEA em relação às inspeções da fábrica de enriquecimento que permitisse ao país proteger seus segredos tecnológicos. A agência, por sua vez, declarou que, apesar de ainda existirem divergências, houve progresso e informou que uma equipe de técnicos chegará ao Brasil em meados de outubro para avaliar os possíveis métodos de inspeção da unidade.

Inspeções visuais não são necessárias

De acordo com Odair Dias Gonçalves, presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) — responsável pela negociação direta com a AIEA —, as divergências entre o Brasil e a agência são parte do processo natural de negociação de quando se inaugura uma nova instalação nuclear. Para cada

projeto desta natureza devem ser negociados os enfoques de salvaguardas que serão aplicados.

A negociação ainda está em aberto. Mas a nossa disposição é que se mantenham os painéis que cobrem as ultracentrífugas, de forma a proteger nossa propriedade industrial, como sempre ocorreu na unidade de Aramar, da Marinha, que há anos é inspecionada pela AIEA — afirma, citando o centro de pesquisas que desenvolveu a tecnologia de enriquecimento brasileira.

No caso de Resende, há concordância em vários aspectos entre a CNEN, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (Abacc) — que também inspeciona as instalações nucleares brasileiras como parte de acordo assinado entre os dois países — e a AIEA. O controle e a verificação do material nuclear que entra e sai da unidade estão praticamente acordados. O único ponto em que não se chegou a um acerto é que o Brasil acha possível aplicar as salvaguardas necessárias sem que haja acesso visual dos inspetores a toda a instalação — mais especificamente, às ultracentrífugas.

A agência alega que a inspeção visual é necessária para assegurar que não haja acúmulo de material dentro do hall das cascatas. Os representantes brasileiros acham que é possível aplicar salvaguardas eficientes sem a inspeção visual. A Abacc aceitou sem qualquer problema os termos que foram estabelecidos para as inspeções, com a presença de painéis protegendo as centrífugas. Oferecemos medidas que compensam em muito a falta de inspeção visual — explica o coordenador-geral de Cooperação e Intercâmbio da CNEN, Laércio Vinhas.

Os inspetores da AIEA poderão fazer amostragens ambientais no *hall* das cascatas que permitiriam detectar partículas microscópicas de urânio e determinar seu grau de enriquecimento. Também poderão realizar ensaios não-destrutivos com detectores de nêutrons e de raios gama. Haverá ainda um sistema de vigilância, com câmeras operando 24 horas, que controla tudo e todos que entram e saem do estabelecimento. Por último, todo o urânio utilizado no processo será auditado pela agência, ou seja, a quantidade de material que entra nas ultracentrífugas tem que ser igual ao que sai.

Outra divergência é que a CNEN quer negociar as inspeções apenas para o primeiro módulo de cascatas — considerado pela comissão como uma planta comercial de pequeno porte —, enquanto a agência quer um acordo genérico para toda a fábrica. A unidade de Resende terá vários módulos, com várias cascatas, contendo inúmeras ultracentrífugas. Como a Marinha continuamente acrescenta inovações ao projeto, as máquinas que serão instaladas nos últimos módulos não serão iguais às do primeiro e terão características diferentes. Por isso, a CNEN quer negociar os módulos por partes.

Brasil precisa proteger tecnologia nacional

Vinhas afirma que a recusa do Brasil de permitir inspeções visuais se justifica, pois a nossa tecnologia contém elementos de projeto inovadores. “Ela certamente consome menos energia do que outras ultracentrífugas. Isso pôde ser constatado pelos inspetores da própria agência, que já chegaram a afirmar que o nosso *hall* de cascatas é o mais silencioso que eles já viram”, destaca, acrescentando que a vantagem decorre do eixo funcionar com levitação magnética, reduzindo o atrito entre as partes fixas e móveis. Adicionalmente, a tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação é bem mais eficiente que a difusão gasosa, utilizada em países como Estados Unidos e França.

Em sua opinião, é absurdo comparar o Brasil com países como Irã e Coréia do Norte, pois são casos completamente distintos. “Estas são nações que desenvolveram atividades nucleares não-declaradas, infringindo acordos de salvaguardas e compromissos que tinham assinado. É muito diferente de uma discussão normal de enfoque de salvaguardas em uma instalação que, desde a assinatura do contrato entre INB e Marinha, é conhecida pela AIEA”, frisa.

A postura do governo brasileiro é aprovada pelo professor do programa de engenharia nuclear do Instituto Militar de Engenharia (IME), Rex Nazaré Alves. Ele ressalta que o país precisa defender sua tecnologia de enriquecimento de urânio das pressões externas. “Não importa se ela é melhor ou pior que as outras, é a que temos.

Por isso, precisamos defendê-la”, destaca, acrescentando que o regime de inspeções atual é suficiente para garantir que não haja proliferação de materiais nucleares, não sendo necessária a inspeção visual das ultracentrífugas.

Nazaré, que também é assessor especial do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República, concorda que não se pode desconfiar do programa nuclear brasileiro. “O Brasil é signatário do TNP e do Tratado de Tlatelolco, que estabelece uma zona livre de armas nucleares na América Latina e Caribe. É ainda o único país do mundo a incluir em sua Constituição que o desenvolvimento nuclear será totalmente para fins pacíficos. Além disso, tem todas as suas instalações nucleares, inclusive as militares, sob inspeção, não deixando a menor dúvida sobre as intenções nacionais”, comenta.

Protocolo adicional tem que ser negociado

Em relação ao protocolo adicional, o presidente da CNEN, Odair Gonçalves, afirma que representa uma mudança de mentalidade da política de salvaguardas nucleares, pois pressupõe uma desconfiança em relação às atividades declaradas pelos países e permite inspeções muito mais intrusivas por parte da agência.

A mudança aconteceu devido aos problemas da AIEA com os programas nucleares de Iraque e Coréia do Norte. Bom, nós não somos nem um, nem outro, e não podemos ser tratados como tais. Achamos que ainda há muita coisa a ser feita dentro do escopo do próprio TNP, antes de se introduzir mais um documento. De qualquer forma, estamos postergando esta discussão para depois da revisão do TNP, **que ocorrerá em 2005** - ressalta Gonçalves.

Para Laércio Vinhas, o protocolo não pode ser discutido apenas em termos de não-proliferação, mas também, no contexto dos objetivos de desarmamento das nações nuclearmente armadas. “As potências nucleares precisam cumprir o que acordaram no TNP. Estes esforços têm se desenvolvido de maneira extremamente morosa”, destaca.

Ele esclarece que o protocolo adicional em nada tem a ver com as inspeções visuais das ultracentrífugas — que estão sendo negociadas dentro do escopo do acordo quadripartite entre Brasil,

Argentina, Abacc e AIEA —, nem com o TNP, como chegou a ser mencionado nos jornais e noticiários. Trata-se de um protocolo adicional aos acordos de salvaguardas da agência.

Caso o Brasil assinasse o documento, a AIEA terá acesso a um maior volume de informações e a instalações que não estão incluídas no escopo do acordo de salvaguardas que a agência tem com o país. A justificativa é garantir que não haja desvio de materiais nucleares e atividades e materiais não-declarados.

O governo seria obrigado a fornecer informações sobre atividades de pesquisa nuclear e de áreas correlatas, mesmo que não envolvam materiais nucleares, como, por exemplo, *lasers* de potência. Não se trata de uma tecnologia nuclear, mas poderia eventualmente ser utilizada no processo de enriquecimento de urânio por *laser*. O acesso estaria garantido até às universidades que realizam estas pesquisas. Também estariam incluídas quaisquer pesquisas que possam estar relacionadas ao ciclo do combustível, como o desenvolvimento de ligas de zircônio utilizadas para encamisar o elemento combustível.

O país teria ainda que fornecer informações sobre instituições que fabricam materiais não-nucleares, mas que estão relacionadas de alguma forma com o setor, como fábricas que produzem partes para as ultracentrífugas. As atividades de todos os prédios circunvizinhos às instituições nucleares também seriam monitoradas.

Rex Nazaré afirma que há uma tendência dos países que usam a energia nuclear de assinar o protocolo adicional aos acordos de salvaguardas da AIEA. Entretanto, ressalta que cabe a cada uma das partes buscar a garantia dos seus interesses e o resguardo de sua tecnologia. “A assinatura ou não do documento depende de muita negociação. Tem que se procurar o espaço para assegurar o desenvolvimento tecnológico autônomo do setor nuclear”, conclui.

Urânio tem papel estratégico para o Brasil

O Brasil tem apenas duas usinas nucleares em operação, além de uma terceira com as obras paralisadas. Porém, o país

é dono da 6ª maior reserva de urânio do mundo — podendo em breve subir para a 3ª posição — , com apenas cerca de um terço do território prospectado. O que fazer com este enorme potencial? Quais são as possibilidades de utilização do urânio? Quais as perspectivas da energia nuclear no futuro do país?

Análise feita pelo Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), entre outros, prevê que a geração nuclear poderá aumentar em 250% até 2030, o equivalente a 27% da geração energética total no mundo. Até 2050, a energia nuclear quadruplicaria sua produção. Os dados fazem parte da estimativa média do relatório, que leva em conta a energia total necessária para melhorar o padrão de vida de uma população global crescente, além de contabilizar o esgotamento progressivo dos combustíveis fósseis.

Na opinião de Laércio Vinhas, coordenador-geral de Cooperação e Intercâmbio da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a geração nuclear pode ter um importante papel na complementação do sistema elétrico brasileiro, no qual a energia hidrelétrica representa 87,6% da potência instalada, segundo dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Embora ainda tenhamos potencial hídrico bastante significativo, a construção de hidrelétricas requer o alagamento de grandes áreas que poderiam ser utilizadas para outras finalidades, como a agricultura. Além disso, a geração hidráulica é altamente dependente do regime de chuvas, como pudemos sentir durante o racionamento de energia em 2001 e 2002.

É preciso haver complementaridade térmica. Inegavelmente, a energia nuclear é a única que permite a geração de grandes blocos de energia. O gás seria concorrente, mas deveríamos ter nossas próprias reservas. Não parece adequado montar uma matriz energética em cima de combustíveis importados. As energias eólica e solar são apenas pontuais, não são capazes de movimentar um parque industrial. O Brasil deverá retomar o investimento em energia nuclear a médio e longo prazo, por isso, o urânio é estratégico para o país — destaca Vinhas.

Hidrogênio: combustível do futuro

O urânio também poderá assumir papel importante na chamada economia do hidrogênio, que especialistas prevêem substituirá o petróleo como principal combustível da humanidade em um futuro não muito distante. De acordo com estudos, o mundo poderá alcançar o pico da produção de petróleo dentro dos próximos dez a trinta anos. A partir daí, a disponibilidade diminuirá e o preço tenderá a subir cada vez mais. Adicionalmente, a principal região produtora do mundo, o Oriente Médio, é altamente instável politicamente, o que torna o preço deste insumo sujeito a grandes variações.

Considerado como a provável alternativa, o hidrogênio não está disponível em sua forma livre na natureza e precisa ser produzido através de uma fonte geradora de energia elétrica. As principais fontes hoje continuam a ser o carvão, a hidroeletricidade, a energia nuclear e o gás.

Destas, apenas as energias hidráulica e nuclear não produzem CO₂ e outros gases causadores do efeito estufa, o maior problema a ameaçar o meio ambiente do planeta. Por isso, são as duas únicas formas de produzir hidrogênio sem contribuir para o aumento do aquecimento global. Porém, poucos países contam com potencial hidrelétrico. Mesmo no Brasil, este potencial está, em sua maior parte, na Amazônia, o que aumenta significativamente o impacto ambiental dos projetos — explica o professor de engenharia nuclear do Instituto Militar de Engenharia (IME), Rex Nazaré Alves.

Por isso, alguns países já pesquisam o uso de usinas nucleares para esta finalidade. No final de 2004, o Senado americano aprovou recursos para a construção do primeiro reator nuclear experimental de geração de energia elétrica e produção de hidrogênio, que deverá entrar em operação até 2010. O projeto custará cerca de US\$ 1 bilhão. Os Estados Unidos também selaram acordo de cooperação com a Coreia do Sul para desenvolver tecnologias de produção de hidrogênio a partir de reatores nucleares.

Além do acordo com os EUA, os coreanos anunciaram que pretendem usar seus reatores nucleares avançados para produzir hidrogênio, com o objetivo de reduzir em 20% a dependência do

país em combustíveis fósseis para transporte. O governo pretende gastar o equivalente a US\$ 843 milhões para criar uma fonte supridora de hidrogênio a partir de usinas nucleares até 2019. O país também criou, em parceria com a China, um centro de estudos para desenvolver tecnologias de produção de hidrogênio através da energia nuclear, que funciona na Universidade de Qinghua, em Pequim, capital chinesa.

Para Rex Nazaré, investir em energia nuclear contribui para impulsionar o desenvolvimento do nosso país e ajuda a reduzir as desigualdades. "O Brasil precisa ter um compromisso com o seu futuro. Este compromisso passa necessariamente pela redução das desigualdades, o que jamais será alcançado sem energia e tecnologia. Precisamos investir em energia nuclear, como também na área espacial, em fármacos, alimentos, tudo de forma independente, buscando cooperações quando for do interesse nacional", enfatiza.

Pressão sobre programa nuclear brasileiro visaria cercear desenvolvimento tecnológico

Para Jorge Calvário dos Santos¹², a pressão sofrida pelo Brasil para permitir inspeções cada vez mais intrusivas em suas instalações nucleares tem o intuito de cercear o desenvolvimento tecnológico brasileiro no setor.

Calvário afirma que o regime de não-proliferação de armas nucleares, cujo principal ator é a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), deveria ser uma garantia de segurança para todas as nações. Entretanto, não está havendo um tratamento igualitário entre as partes, na medida em que as inspeções, cada vez mais intrusivas, são exigidas apenas dos países que não detêm tecnologia nuclear para fins bélicos. Os países nuclearmente armados são objeto apenas de inspeções voluntárias, cujos termos são previamente negociados. Além disso, estes países pouco têm feito para se desarmarem, como está previsto no Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP).

¹² Jorge Calvário dos Santos é Cel Aer (RR), Doutor em Ciências, Membro do Centro de Estudos Estratégicos da ESG e do Centro Brasileiro de Estudos Estratégico (CEBRES)

Uns estão acima da lei, formulada por eles próprios em nome de todos, e outros têm que cumpri-la. Se você aceita esta desigualdade, cria uma relação de submissão. Se as inspeções não contemplam igualmente a todos, então perdem seu sentido. Os acordos internacionais devem respeitar o direito de autodeterminação dos países e tratá-los de forma igualitária. Brasil e Argentina, por exemplo, têm acordos de controle de materiais nucleares e de inspeções mútuas que estabelecem uma relação de paridade e confiança entre ambas as partes — afirma.

Em sua opinião, a maior prova das intenções pacíficas do programa nuclear brasileiro é o fato de a Constituição proibir o uso bélico da tecnologia nuclear. “Os que pressionam o Brasil a aceitar regras mais rígidas são exatamente aqueles que já fizeram mau uso da energia nuclear”, lembra.

Medidas restritivas criam monopólio nuclear

Segundo o Cel Jorge, as pressões exercidas sobre os países periféricos, na verdade, buscam cercear o desenvolvimento na área nuclear, contribuindo para aumentar ainda mais a desigualdade tecnológica que já existe. A energia nuclear é de extrema importância, tendo aplicações não só na geração energética, mas também na saúde, na agricultura e na indústria, entre outras áreas. Ao aceitar medidas cada vez mais restritivas, contribuimos para que se crie um monopólio da tecnologia nuclear na mão de poucos países, o que serve para aumentar seu cinturão de poder e riqueza, às custas das demais nações. Conseqüentemente, isto consolida o monopólio das decisões fundamentais dos interesses mundiais.

Ele explica que a tentativa dos países centrais de restringir o acesso à energia nuclear se encaixa num contexto maior de cerceamento do acesso à ciência e tecnologia de uma forma geral, que pode ser verificado especialmente em áreas de tecnologia de ponta, como a aeroespacial, a biotecnologia e a nanotecnologia.

Um exemplo é a lei internacional de patentes, da qual o Brasil foi o terceiro país a ratificar. Antes, a legislação protegia o processo; agora, porém, protege o produto. Desta forma, mesmo

que uma empresa desenvolva procedimentos próprios para fabricar um determinado produto, ela estará proibida por lei de fazê-lo. Tal legislação protege o monopólio do conhecimento científico e tecnológico dos países centrais. Tudo que restringe a área de C&T proporciona o monopólio do saber e do comércio e, conseqüentemente, da educação e do desenvolvimento. Ao aceitar o cerceamento, inibe-se a própria evolução. Se se cede um pouco, adiante terá que ceder mais, até não restar nada. Isto vem acontecendo em várias áreas. É uma teia que se fecha e, certamente, não acontece por acidente — enfatiza o pesquisador.

Controlar para inibir desenvolvimento alheio

Calvário ressalta que a História explica este fenômeno de dominação. Trata-se de um processo — que ele chama de dialética da cultura — inerente às culturas que, em dado momento, se tornam hegemônicas. Ao longo do tempo, uma cultura sucede à outra como predominante. Primeiro, vivemos o apogeu da cultura judaica, que foi superada pela greco-romana e assim por diante, até chegarmos à anglo-saxônica, que, hoje, é hegemônica em nossa sociedade. Em um certo momento, quando completa sua evolução e atinge o auge, se transforma em civilização, o que ocorre quando outras culturas passam a orbitar em torno dela, tornando-se suas vertentes. Isto é o que vemos na atualidade com a cultura anglo-saxônica, cujo principal expoente são os Estados Unidos.

O capitalismo é o modo de produção da cultura anglo-saxônica e vem se constituindo desde a Idade Média. "Hoje, todos querem ser capitalistas, o que não é possível, pois ele está calcado na desigualdade entre as nações. A civilização dominante sabe seu poder de mando, de ordenação, e busca a manutenção do *status quo* e a satisfação de suas necessidades. Então, determina aos outros as regras de convivência, garantindo a defesa de seus interesses", analisa o professor.

Ele acrescenta que, após a chegada do auge, entretanto, virá o declínio e esta civilização será superada. Mas ela não aceita isso. Tenta se convencer de que é o ápice da evolução humana e que nenhuma outra civilização melhor pode surgir. Em relação à sociedade estadunidense, esta noção fica explícita no livro *O Fim da História e o Último Homem*, do sociólogo Francis Fukuyama.

Na obra, ele prevê, com a queda do comunismo, o nascimento de uma nova ordem mundial, marcada pela harmonia e estabilidade, sob a égide do capitalismo norte-americano, que marcaria o auge da evolução de nossa sociedade. Ou seja, teríamos atingido o fim da História, pois não haveria mais para onde evoluir.

Na condição de potência dominante projetam-se geograficamente para o mundo, de modo a garantir o atendimento de suas necessidades e num esforço de perpetuar sua posição hegemônica. É o que vemos hoje, com a presença física e política dos Estados Unidos em todos os cantos do globo.

- Neste processo, utilizam todos os instrumentos disponíveis para impedir que outras culturas e países se desenvolvam, pois se ninguém mais evoluir, eles se mantêm no poder. Os organismos multilaterais são ferramentas-chave na defesa de seus interesses, ainda que de alguma forma atendam parte das reivindicações dos países periféricos, para justificar sua política. Pressionam para controlar, controlam para inibir o desenvolvimento alheio - conclui Jorge Calvário.

7 – Energia nuclear e desarmamento

DESARMAMENTO

Anos 60: onda pacifista

No decorrer da década de 60, os movimentos pacifistas cresceram rapidamente nos Estados Unidos e na Europa, tornando-se uma fonte permanente de pressão sobre os governos. Entre os americanos o movimento ganhou força com as manifestações de protesto contra a Guerra do Vietnã. Na Europa, a opinião pública tomava consciência de que o continente seria devastado na hipótese de um confronto nuclear.

Esse movimentos pacifistas cresceriam muito nos anos 80, articulados com grupos de defesa do meio ambiente. Agrupados em partidos políticos, como o Partido Verde, teriam influência até para alterar resultados eleitorais. Mas foi um longo caminho. No início da luta pela paz, na década de 60, os pacifistas organizaram muitas passeatas até alcançar as primeiras vitórias.

A primeira iniciativa mais concreta de contenção da escalada armamentista aconteceu em 1968, quando 47 países assinaram o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares, com duração de 25 anos. Em 72, o presidente norte-americano, Richard Nixon, e o dirigente soviético, Leonid Brejnev, assinaram em Moscou o Acordo Para Limitação de Armas Estratégicas, conhecido como Salt-1 (em inglês, *Strategic Arms Limitation Talks*). Pelo acordo, as superpotências podiam proteger um número limitado de alvos essenciais, como as capitais Washington e Moscou. Assim, no caso de uma guerra, os dois países sofreriam tantas perdas que o confronto tornava-se inviável. Era essa a lógica do equilíbrio do terror. O Salt-1 também congelou, por 5 anos, a construção de plataformas fixas ou submarinas de mísseis balísticos intercontinentais. Em 1979, as superpotências assinaram o Salt-2, que em linhas gerais ratificava o Salt-1.

No fim dos anos 70, no entanto, o clima era tenso entre Estados Unidos e União Soviética, como resultado de uma complicada situação internacional. Diversos fatos politicamente relevantes se sucederam na mesma época, como a invasão soviética no Afeganistão, a revolução sandinista na Nicarágua e a revolução dos aiatolás no Irã. Numa demonstração de desconfiança, o senado norte-americano decidiu não endossar o Salt-2, que apesar de tudo foi respeitado pelas superpotências.

Em 1982, teve início uma nova rodada de negociações, chamada de Start (em inglês, *Strategic Arms Reduction Talks*), para a redução dos sistemas de armas estratégicas. O objetivo era reduzir em 50 por cento os arsenais de mísseis balísticos intercontinentais. Apesar das conversações, foram mantidas, nos dois lados, as pesquisas para a produção de armas cada vez mais mortíferas. Surgiram as *armas inteligentes*, foguetes equipados com computadores que asseguravam a eficiência do ataque e da defesa.

Reagan e a guerra nas estrelas

O delírio tecnológico veio logo a seguir. O presidente dos Estados Unidos, Ronald Reagan, anunciou em 83 um projeto denominado *Iniciativa de Defesa Estratégica*. A idéia era criar um

fantástico escudo espacial contra mísseis lançados de qualquer ponto do planeta ou mesmo por extraterrestres. Reagan alegava que o projeto, conhecido como *Guerra nas Estrelas*, tornaria inúteis os mísseis nucleares, pondo um fim definitivo à corrida armamentista. Para enfatizar suas intenções, propôs uma parceria à União Soviética, que recusou o convite. Com o tempo, o projeto seria abandonado por ser caro e inviável.

À margem das negociações entre as superpotências, diversos governos continuaram engajados em projetos nucleares. Nos anos 80, cinco países (Estados Unidos, União Soviética, Grã-Bretanha, França e China) possuíam declaradamente a bomba atômica, enquanto outros países (Índia, Paquistão, Israel, Brasil, Argentina, Irã, Iraque e África do Sul) destinavam verbas a programas de energia nuclear. O Brasil fazia parte deste grupo desde 1975.

Além do perigo nuclear, a corrida armamentista trouxe outra consequência direta: uma mentalidade militarista nas relações internacionais, que criou uma predisposição pouco amistosa no momento de duas partes negociarem um conflito. Os focos de tensão regionais se multiplicavam, e os governos passaram a estocar enormes arsenais de armas convencionais. Mesmo ditaduras miseráveis, como algumas do continente africano, adquiriam as armas não nucleares mais sofisticadas do mercado. O Brasil era um dos beneficiários desse mercado, um dos mais prósperos do mundo.

“O esplendor da indústria bélica brasileira começa em 1979. Até 1985, cento e vinte empresas controladas pelas encomendas advindas das três maiores do setor — Embraer, Engesa e Avibrás —, simplesmente atendem as Forças Armadas de trinta e duas nações do Terceiro Mundo. Algumas delas altamente sofisticadas do ponto de vista dos princípios da defesa, como a Arábia Saudita, o Iraque e a Líbia. O Brasil fatura qualquer coisa como 1 bilhão de dólares/ano, entre 1983 e 1987. No entanto, por conta exatamente do inchaço desse mercado, começa um colapso que vai encerrar a fase da indústria militar brasileira por volta de 1990, imediatamente após a Guerra do Golfo e já com a Guerra Fria encerrada.” (Roberto Godoy jornalista e analista de assuntos militares)

A moratória de Gorbatchev e a pacificação leste-oeste

Em 1985, o novo dirigente soviético, Mikhail Gorbatchev, declarou a moratória nuclear unilateral, uma iniciativa surpreendente que favoreceu as negociações para a redução dos arsenais atômicos.

Em 87, as superpotências concluíram em Washington um acordo para a eliminação dos mísseis baseados em terra com alcance de até 5.500 quilômetros. Em 91, em Moscou, assinaram o Start, Tratado de Redução de Armas Nucleares Estratégicas.

Com o fim da União Soviética, em dezembro de 91, os Estados Unidos tornaram-se a maior potência política e militar em todo o mundo. A Rússia, por seu lado, tinha urgência em reduzir os gastos militares para fazer frente aos problemas econômicos e sociais surgidos na transição para o sistema de mercado. Em janeiro de 93, os presidentes da Rússia, Bóris Ieltsin, e dos Estados Unidos, George Bush, assinaram um novo acordo, o Start-2, para eliminar, em dez anos, dois terços de seus arsenais de mísseis intercontinentais e todas as bases de lançamento de mísseis de ogivas múltiplas.

Muitos observadores fazem críticas a Mikhail Gorbatchev, dizendo que o ex-dirigente soviético fez muitas concessões aos Estados Unidos, num curto espaço de tempo. Uma postura mais firme do líder e a preservação do poderio militar do país, segundo esses críticos, poderiam ter evitado a desintegração da União Soviética.

É necessário observarmos outros aspectos da situação do país naquele período. Ao assumir o poder, em 85, Gorbatchev encontrou a economia soviética à beira do colapso. Alguns historiadores indicam que o país destinava ao setor de defesa mais de 20% de seu PIB, Produto Interno Bruto. Os americanos, em 1987, destinavam ao setor 7%, e a Grã-Bretanha, 5% do PIB. Mesmo gastando proporcionalmente menos, o Ocidente também sentiu o peso econômico da corrida armamentista. A crise foi atenuada com a transferência de tecnologia para os demais setores produtivos da economia.

Os americanos sempre trataram de aplicar as conquistas da tecnologia bélica na indústria de bens de consumo. Isso propiciou

o desenvolvimento da microinformática, das utilidades domésticas e dos automóveis velozes e econômicos. Mesmo com essa política industrial, os Estados Unidos figuram, nos anos 90, entre os países mais endividados do mundo, em parte por causa dos gastos com a defesa. Os reflexos da crise são notados no corte de verbas para a educação, saúde e serviços públicos.

Em maio de 95, foi prorrogado por prazo indeterminado o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares, com a assinatura de 178 países. Infelizmente, isso não quer dizer que o pesadelo nuclear tenha terminado. Sempre há grupos dispostos a pagar o preço necessário pela bomba atômica. Além disso, países da ex-União Soviética, como a Ucrânia, a Bielo-Rússia e o Cazaquistão, mantêm intactos os seus arsenais nucleares.

O mundo respira aliviado

A França e a China levaram adiante as pesquisas nucleares nos anos 90, a despeito da opinião pública mundial. Em setembro de 96, no entanto, finalmente as cinco potências do clube atômico assinaram na ONU o Tratado de Proibição Total de Testes Nucleares. O acordo traz uma perspectiva mais otimista de um novo século livre da sombra da bomba atômica. Com a conscientização da opinião pública, é possível que o bom senso prevaleça.

A energia nuclear, uma conquista científica importante, precisa ser utilizada para melhorar a qualidade de vida da Humanidade, e não para destruí-la.

8 – Energia nuclear e meio ambiente

Durante a Segunda Guerra Mundial a energia nuclear demonstrou sua potencialidade de causar danos, como ocorreu nas cidades de Hiroshima e Nagasaki.

Na manhã do dia 6 de agosto de 1945, apareceu em um jornal a manchete que dizia que uma enorme bomba havia sido lançada sobre a cidade de Hiroshima. Três dias depois outra dessas bombas foi jogada sobre Nagasaki, forçando os japoneses a se renderem em 14 de agosto. A tremenda força de coesão

nuclear, isto é, a energia que faz do núcleo dos átomos a entidade mais compacta de todo o universo, havia sido rompida, liberando uma força inimaginável — a bomba de Hiroshima equivalia a 13 mil toneladas de TNT — e dando início a uma corrida para a construção de bombas cada vez mais poderosas. Sete anos depois foi detonada a primeira bomba de hidrogênio americana, cujo nome em código era *Mike*, com uma potência equivalente a 9,4 milhões de toneladas de TNT. Se tivesse sido lançada sobre Nova York, ela teria eliminado a cidade da face da Terra.

Até meados da década de 60, no auge da Guerra Fria, os Estados Unidos haviam armazenado cerca de 32 mil bombas nucleares, responsáveis pelo surgimento de montanhas de lixo radioativo, um subproduto da fabricação de plutônio para esses letais armamentos. Para obter 1 quilo de plutônio, era preciso processar cerca de mil toneladas de minério de urânio. Produzido a partir do urânio bombardeado com nêutrons em um reator nuclear, o plutônio era em seguida separado do urânio em infernais banhos de ácido e solvente cujo destino final não fora decidido.

A energia nuclear traz benefícios para a sociedade, como a utilização das radiações em múltiplas aplicações na medicina, indústria, agropecuária e meio ambiente. Cada um desses usos insere esta energia em um determinado campo de acontecimentos. Assim é que o uso medicinal a insere no ambiente hospitalar e o uso na produção de energia elétrica, no âmbito das relações de moradia e de iluminação pública, por exemplo. Em cada um desses ambientes há uma potencialidade de danos e risco com algumas peculiaridades.

Os problemas ambientais estão relacionados com os acidentes que ocorrem nas usinas e com o destino do chamado lixo atômico — os resíduos que ficam no reator, local onde ocorre a queima do urânio para a fissão do átomo. Por conter elevada quantidade de radiação, o lixo atômico tem que ser armazenado em recipientes metálicos, protegidos por caixas de concreto, que posteriormente são lançadas ao mar.

Os acidentes são devidos à liberação de material radioativo de dentro do reator, ocasionando a contaminação do meio ambiente, provocando doenças como o câncer e também mortes

de seres humanos, de animais e de vegetais. Isso não só nas áreas próximas às usinas, mas também em áreas distantes, pois os ventos e nuvens radioativas carregam parte da radiação para áreas bem longínquas, situadas a centenas de quilômetros de distância.

8.1 - Lixo radioativo

O lixo radioativo é produzido em todos os estágios do ciclo do combustível nuclear — desde a mineração do urânio até o reprocessamento do combustível nuclear irradiado. Grande parte desse lixo permanecerá radioativo por milhares de anos, deixando uma herança mortal para as futuras gerações.

Portanto, o grande desafio é como mantê-lo em condições seguras e invioláveis por tanto tempo. Mas, embora tudo isso seja aterrorizante, a Agência Internacional de Energia Atômica informa que o que há de lixo radioativo, depois de 50 anos de uso comercial de energia nuclear, não enche um estádio de futebol.

Durante o funcionamento de um reator são criados isótopos radioativos extremamente perigosos — como o céσιο, estrôncio, iodo, criptônio e plutônio. O plutônio é particularmente perigoso, já que pode ser usado em armas nucleares se for separado do combustível irradiado por um tratamento químico chamado *reprocessamento*.

Como parte da operação de toda usina nuclear alguns materiais residuais são despejados diretamente no meio ambiente. O resíduo líquido é descarregado junto com a *água de resfriamento da turbina*, no mar ou em rio próximo à usina, e os resíduos vão para a atmosfera. Em ambos os casos, a vazão desses efluentes é controlada para que não altere a radioatividade natural (background) do meio ambiente.

Má administração e descaso também acontecem, onde menos se espera. A Noruega teve lixo radioativo jogado em esgoto durante 9 anos. Em 17 de abril de 2001, foi noticiado pela AFP que o lixo radioativo de uma central nuclear foi lançado acidentalmente por nove anos na rede de esgotos na cidade norueguesa de Haldn (informou o jornal eletrônico norueguês Nettavisen). Devido a um

erro na tubulação, o cobalto e o césio, que emanavam do reator experimental Haldn, foram regularmente jogados no sistema de esgoto em lugar de ser tratados e lançados em duto próprio.

Mundialmente são gerados 10.000 t/ano de resíduos radioativos. Os EUA dispõem Yucca Mountain, local capaz de estocar 70.000 t ao custo de 15 bilhões de dólares.

Para que a energia nuclear substituísse o petróleo como combustível para geração elétrica seria necessário que sua participação aumentasse até 30% em meados de 2020; com isso, a geração de resíduos chegaria a 40.000 t/ano.

Há três categorias de lixo radioativo: resíduo de alto nível (HLW, high level waste); rejeito de nível intermediário (ILW, intermediate level waste); e rejeito de baixo nível (LLW, low level waste).

O HLW consiste principalmente de combustível irradiado proveniente dos núcleos de reatores nucleares e de rejeitos líquidos de alta atividade produzidos durante o reprocessamento. A remoção de plutônio pelo reprocessamento resulta num imenso volume de rejeito líquido radioativo. Parte desse mortal rejeito de reprocessamento, armazenado em grandes tanques, é misturado com material vitrificante quente.

8.2 - Lixo atômico

É o termo popular empregado para designar o *lixo* radioativo gerado nos reatores nucleares e nas usinas de reprocessamento de elementos combustíveis queimados. Contudo, o termo mais adequado e utilizado pela comunidade científica é *rejeito radioativo*¹³, que abrange todos aqueles materiais que não podem ser reaproveitados e que contêm substâncias radioativas em quantidades tais que não podem ser tratados como lixo comum.

Um dos grandes problemas ambientais ocasionados pelas usinas nucleares é o lixo atômico. Trata-se dos resíduos que decorrem do funcionamento normal do reator: elementos radioativos que *sobram* e que não podem ser reutilizados ou que ficaram radioativos devido ao fato de entrarem em contato,

¹³ Rejeito, porque pode ser aproveitado.

de alguma forma, com o reator nuclear. Para se ter uma idéia, uma usina nuclear produz por ano, em média, um volume de lixo atômico da ordem de $3m^3$.

Normalmente se coloca esse lixo atômico em grossas caixas de concretos e outros materiais para em seguida jogá-los no mar ou enterrados em locais especiais. As condições de armazenamento desse lixo é preocupante, pois essas caixas podem se desgastar com o tempo e abrir contaminando assim o meio ambiente. Esse problema ambiental começou a ser percebido com destaque durante a Segunda Guerra Mundial; a energia nuclear demonstrou sua potencialidade de causar danos, como ocorreu nas cidades de Hiroshima e Nagasaki.

Agora uma limpeza longamente adiada está sendo realizada nas 114 instalações nucleares americanas, que ocupam uma área de 8,5 mil quilômetros quadrados. Muitas das instalações menores já foram limpas, mas os problemas maiores ainda não foram resolvidos. O que será feito das 47 mil toneladas de combustível, ainda radioativo, usado em reatores nucleares comerciais e militares? Dos 344 milhões de litros de resíduos líquidos resultantes do processamento de plutônio? De mais de meio milhão de toneladas de urânio empobrecido? De milhões de metros cúbicos de equipamentos, pedaços de metal, roupas, óleos, solventes e outros dejetos contaminados? E de cerca de 245 milhões de toneladas da escória do processamento de minério de urânio – metade das quais estabilizada – empestecendo o meio ambiente? Para transportar essa escória em vagões ferroviários de carga, e os resíduos líquidos em vagões-tanques, seria preciso um inimaginável trem com 5,3 mil quilômetros de comprimento.

9 – TNP: Tratado de não proliferação

Representantes de 187 países se reuniram na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova York, numa segunda-feira (02 MAI 2005) para avaliar o Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP).

O acordo, que foi ratificado em 1970, tinha como objetivo limitar as armas nucleares dos cinco países que o reconheciam —

Estados Unidos, a então União Soviética, China, Grã-Bretanha e França — além de tentar garantir que a tecnologia atômica fosse utilizada apenas para fins pacíficos.

A cada cinco anos, os países signatários do tratado se encontram para fazer uma revisão do texto. No encontro, realizado após os ataques de 11 de setembro de 2001, o Brasil foi representado pelo embaixador na ONU, Ronaldo Sardenberg. Outro brasileiro, o embaixador Sérgio Duarte, presidiu a reunião.

Julgamos oportuno transcrever a entrevista com o embaixador.

Duarte respondeu às perguntas abaixo enviadas pelos internautas da BBC Brasil.

BBC Brasil: Que sanções e ações estão previstas para impedir com que a tecnologia nuclear caia nas mãos de países que podem pôr em risco a paz mundial? (Sandro Mendes, do Rio de Janeiro)

Sérgio Duarte — Quando um país signatário do Tratado de Não-Proliferação Nuclear comete algum ato que pode ser caracterizado como uma violação, ele pode ser levado ao Conselho de Segurança da ONU, que decidirá quais sanções aplicar. O tratado não estabelece as formas de punição.

Ainda não houve nenhum caso que tenha sido levado ao conselho. O único caso, que ainda está em aberto, é o da Coreia do Norte, que se retirou do tratado e está sendo analisado na Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) - que faz a verificação dos compromissos do tratado - e será visto também agora, na conferência do TNP.

BBC Brasil — Vários internautas perguntaram por que a Coreia do Norte e o Irã não podem ter armas nucleares e por que os cinco membros permanentes do Conselho de Segurança podem. O senhor poderia explicar isso?

Sérgio Duarte — Quando o tratado foi firmado em 1970, os países concordaram em fazer parte do tratado na qualidade de potências nuclearmente armadas - que o tratado reconhecia como sendo apenas os cinco países do Conselho de Segurança - ou como potências não-nuclearmente armadas - que é o restante dos países que assinaram o tratado.

Por isso que eles (os cinco membros permanentes do Conselho de Segurança) podem e os outros não podem. Todos concordaram que deveria ser assim.

O tratado também estabelece que aqueles que possuem armas nucleares deveriam tomar medidas de boa-fé para se desarmar. E justamente um dos problemas desta conferência é que muitos países não-nucleares acreditam que os nucleares não estariam cumprindo isso.

Quais são as fiscalizações efetivadas em países que já possuem este tipo de armamento em grandes quantidades, como os Estados Unidos, por exemplo? (**Elio Etelmar Silva de Rocco**, de Cambé, no Paraná)

Sérgio Duarte — Os países não se obrigaram a se submeter a nenhuma fiscalização sobre seus arsenais. Recentemente, os Estados Unidos e a Rússia assinaram um tratado entre os dois que prevê reduções dos arsenais e verificação mútua. Mas não há verificação internacional dessas reduções.

Por outro lado, tanto os países não-nucleares quanto os nucleares podem assinar com a AIEA um acordo para colocar suas instalações pacíficas sob controle internacional.

Mas os países nucleares têm a faculdade de informar quais são as instalações que desejam colocar sob salvaguarda. Já fizeram isso, mas obviamente não colocaram sob salvaguarda nenhuma das instalações militares que possuem.

Está havendo redução do arsenal nuclear dos membros permanentes do Conselho de Segurança da ONU? (**Lúcio**, de Governador Valadares)

Sérgio Duarte - Está havendo, sim. Eles afirmam que está havendo e não há motivo para duvidar da boa-fé.

O que a comunidade internacional tem reclamado é que os demais países, sobretudo os não-nucleares, queriam ter um acesso mais profundo a essas medidas deles. Queriam um sistema internacional de verificação que tornasse claro que essas reduções estão ocorrendo.

Por outro lado, países como o Reino Unido e a França reduziram bastante os seus arsenais e os seus foguetes que transportariam as ogivas nucleares.

Que tem havido redução, não há dúvida. A questão é que alguns países têm também procurado aperfeiçoar suas armas. Reduzem as armas que são obsoletas e aparentemente têm planos de fabricar novas armas mais sofisticadas, mais letais. E este é mais um dos problemas que devem discutidos em conferências.

Qualquer nação, incluindo o Brasil, que mencione a utilização de energia nuclear, ainda que para fins pacíficos, gera uma histeria insana por parte dos Estados Unidos e outros países do Conselho de Segurança. Não é novidade nenhuma que Israel possui armas nucleares. Por que, no caso de Israel, todo mundo se faz de surdo? (**William Salvan**, de Curitiba)

Sérgio Duarte - Em primeiro lugar, porque Israel não é membro do tratado, portanto não assumiu obrigações internacionais como assumiram o Brasil, o Irã e a Coreia do Norte. Em segundo lugar, porque nos Estados Unidos, onde a indústria da informação é mais forte e tem penetração em todo o mundo, não há um interesse muito forte da comunidade israelita e da imprensa em falar sobre o que se passa em Israel.

O Brasil deveria ter armas nucleares, pois assim teria mais respeito na comunidade internacional. (**Paulo Carvalho**, de São Paulo)

Sérgio Duarte - Os países que desenvolveram armas nucleares historicamente, nos anos 40 e 50, durante a Segunda Guerra Mundial, obtiveram com isso prestígio internacional. É possível que em certa ocasião o Brasil tenha considerado essa hipótese.

Porém o Brasil, ao aderir ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear, ao aderir ao Tratado de Proscrição de Armas Nucleares na América Latina e na própria Constituição brasileira de 1988, desistiu desse direito. Por uma decisão soberana.

Se amanhã houver uma decisão soberana de abjurar essa decisão, é algo que o Brasil pode fazer. Eu não vejo neste momento vantagem para o Brasil em adquirir armas nucleares.

BBC Brasil - Quais são os pontos mais polêmicos que o senhor aguarda nessa conferência?

Sérgio Duarte - Acho que uma das questões vai ser justamente essa. O tratado assegura o direito inalienável de

utilização da energia nuclear para fins pacíficos, com algumas restrições para que esse uso não leve à construção de armas nucleares.

O que se pretende, talvez, é criar novas restrições, com medo da proliferação de armas nucleares. Certamente um ponto polêmico será como conciliar novas restrições com o direito que o tratado assegura de utilização pacífica.

BBC Brasil - O senhor acha que nesta conferência podem ser discutidos mecanismos para aumentar a pressão para que países como o Brasil assinem o Protocolo Adicional?

Sérgio Duarte - Há uma grande pressão dos países que já assinaram o protocolo, que são muitos - inclusive boa parte dos países da Europa ocidental.

A pressão é daqueles que acreditam que é necessária a adoção de novas medidas restritivas, porque a própria Agência Internacional de Energia Atômica considera que os atuais sistemas de verificação não são suficientes para assegurar a confiança na não-proliferação.

São 12 ou 15 países no mundo que têm programas nucleares mais sofisticados, entre eles o Brasil. E são eles que sofrem a maior pressão para assinar o protocolo.

A maior parte dos países em desenvolvimento não possui programa nuclear algum, então eles podem assinar o protocolo porque para eles não causará grande diferença.

Para um país como o Brasil, aceitar novas restrições poderá criar dificuldades para o prosseguimento de seu programa. Por isso o Brasil precisa estudar muito bem qual será o impacto sobre a sua indústria se eventualmente vier a assinar esse protocolo adicional.

9.1- Aditivo ao Tratado de Não-Proliferação¹⁴

Alternativa ao Protocolo Adicional a Acordos de Salvaguardas Nucleares com a AIEA.

O assunto da proliferação nuclear sofreu evoluções importantes nos últimos anos:

¹⁴ Carlos Feu Alvim (*) feu@ecen.com

- Índia e Paquistão declararam e demonstraram suas capacidades de explodir artefatos nucleares bélicos;
- a Coréia do Norte confessou atividades nucleares para usos bélicos;
- o Iran tem seu programa nuclear, alegadamente para fins pacíficos, contestado;
- o risco de proliferação nuclear e de outras armas de destruição de massa foi usado pelos EUA e Grã Bretanha como pretexto para a invasão do Iraque não obstante os resultados negativos das inspeções da ONU;
- as grandes potências nucleares não só abandonaram praticamente a política de desarmamento anteriormente anunciada, mas também retomaram projetos antigos como o “Guerra nas Estrelas” dos EUA;
- finalmente, uma nova doutrina nos EUA prevê a utilização de armamentos nucleares específicos contra países não nuclearmente armados. Esta doutrina e a utilização da força contra o Iraque desconsiderando as conclusões dos inspetores da ONU (da Agência Internacional de energia Atômica – AIEA para os assuntos nucleares) enfraqueceram os melhores argumentos sobre a inutilidade prática de novos países buscarem acesso aos armamentos nucleares.

Neste quadro, não chegou a ser surpresa o completo fracasso da Conferência da ONU de Revisão Tratado de Não Proliferação Nuclear, o TNP, realizada em Maio de 2005.

No que concerne ao Brasil que chegou a ser apontado como preocupação na área de salvaguardas e *bola da vez* na pressão internacional pela adesão ao Protocolo Adicional de fortalecimento das salvaguardas da AIEA a situação também evoluiu:

- Foi resolvida com a AIEA a questão do método de inspeção na Usina de Enriquecimento de Rezende sem que fossem revelados os detalhes técnicos que o Brasil queria proteger (uma câmara permite ver o topo das centrífugas);
- A política de preservação da tecnologia de enriquecimento no Brasil se revelou e tem sido reconhecida como eficaz para a não proliferação não tendo sido registrada fuga de informações ou participação de técnicos brasileiros em

projetos não pacíficos no exterior.

A atual crise de preços de petróleo e os problemas de aquecimento global associados ao efeito estufa levaram vários países a voltar a considerar o incremento da participação da energia nuclear em sua matriz energética nas próximas décadas. Países onde a opção nuclear tinha sido mantida aberta, como a China e o Japão, já anunciaram a intenção de intensificar seus programas. No Brasil parece provável a retomada da construção de Angra 3.

Isto vai tornar inevitável voltar a discutir a adesão do Brasil (provavelmente em conjunto com a Argentina) ao modelo de Protocolo Adicional que a AIEA aprovou para fortalecer as salvaguardas nucleares. Esse protocolo já foi assinado praticamente por todos os países onde a energia nuclear tem papel relevante e não parece possível o Brasil adiar indefinidamente sua decisão sobre a adesão (ou não) a esse Protocolo. Como muitas vezes decisões deste tipo (como a adesão do Brasil ao TNP) são tomadas abruptamente é bom ter amadurecidas idéias sobre o assunto e, se for o caso, dispor de alternativas viáveis.

Em aditamento a nossas considerações anteriores sobre o Protocolo Adicional aos acordos de salvaguardas com a Agência Internacional de Energia Nuclear – AIEA, cujos inconvenientes também realçamos^[1], apresentamos esquematicamente nesta nota uma proposição de um sistema alternativo que, na nossa visão, fortalece as salvaguardas existentes sem os inconvenientes do Protocolo ora proposto aos países.

Os problemas com o protocolo adicional

O sistema do Protocolo Adicional apresenta, a nosso ver, uma série de inconvenientes para o país signatário tornando suas atividades nucleares mais vulneráveis do ponto de vista tecnológico. Essa vulnerabilidade é reforçada em países onde a atividade nuclear é governamental e não está protegida pelos direitos privados garantidos pela legislação do país e cujo respeito o Protocolo assegura. Também apresenta riscos para a Comunidade Internacional na medida que o inevitável aumento

do número de pessoas que conhecem detalhes das instalações e das tecnologias envolvidas aumenta o risco de proliferação a nível mundial e, da disseminação de informações sobre as instalações, que podem incrementar a probabilidade de atentados terroristas contra instalações nucleares.

Não se pode desconhecer, entretanto, que o sistema vigente antes das medidas de fortalecimento de salvaguardas tinha falhas ao desconsiderar algumas possibilidades de atividades não declaradas que poderiam propiciar, num país signatário de um acordo de salvaguardas, a existência de materiais não declarados provenientes de atividades não controladas. Essas falhas foram parcialmente sanadas com medidas adicionais dentro do marco legal existente (sem o Protocolo Adicional); restam lacunas que esse protocolo busca preencher no que se referem a materiais e instalações não declaradas. O sistema alternativo aqui proposto se baseia em que a proliferação passa inevitavelmente por material nuclear altamente específico e sua detecção prematura é a melhor maneira de prevenir a proliferação e identificar a existência de um eventual programa clandestino.

O sistema proposto continuaria centrado em materiais nucleares, evitaria inspeções ou visitas intrusivas e potencialmente proliferantes como às fábricas de centrífugas e ofereceria, como contrapartida, um compromisso de não utilização de materiais considerados de uso direto como o urânio altamente enriquecido e o plutônio com pureza isotópica. Também ofereceria um sistema de verificação, usando amostras ambientais, capaz de disparar acessos progressivos a instalações onde exista suspeita de atividades que contrariam os compromissos assumidos.

Esquema proposto

A alternativa ao sistema atual que estamos propondo partiria da seguinte base:

- Reconhecimento de que existe a necessidade de verificação da existência em um país de material nuclear não declarado e de instalações não declaradas para seu manuseio e uso;

- O novo sistema fortalecido de salvaguardas alternativo continuaria, a exemplo das salvaguardas anteriores ao Protocolo, centrado no material nuclear e utilizaria também a facilidade de sua detecção ambiental ainda que ao nível de traços;
- A aplicação das salvaguardas seria estendida ao ciclo nuclear completo a exemplo do que é feito no Protocolo Adicional;
- Os países signatários do novo sistema assumiriam o compromisso adicional de não utilização e produção de material nuclear que tenham características para uso direto em armas nucleares ou com características próximas ao deste tipo de material;
- Concretamente o país assumiria o compromisso adicional de não produzir nem manusear urânio altamente enriquecido; seria fixado um limite prático, de 30 ou 25% que facilitasse sua aplicação e evitasse falsos alarmes. Na área de reprocessamento haveria um compromisso de só tratar combustíveis com um nível de queima que torne o material inadequado ao uso em artefatos bélicos. (uma razão mínima Pu 240/Pu 239 seria estabelecida). O eventual uso do U233 resultante da irradiação do Tório seria feito com elementos combustíveis onde a mistura com urânio natural, prévia ao reprocessamento, assegurasse a presença de U238 com o U233 formado. Os novos compromissos serviriam de base para as verificações ambientais.
- A duração desse compromisso poderia ser indefinida ou com previsão de aviso com antecedência mínima a ser fixada (por exemplo, 2 anos). Neste caso, como o abandono desse compromisso adicional, inviabilizaria a aplicação do novo sistema, seria prevista no novo sistema a aceitação automática dos procedimentos do atual Protocolo Adicional a partir da data do anúncio da rescisão do compromisso relativo aos materiais de uso direto.
- Qualquer área de circulação pública poderia ser objeto de amostragem ambiental por parte da(s) agência(s) fiscalizadora(s) visando detectar a presença dos materiais proscritos. Também estariam liberadas para amostragem

qualquer área de circulação nos “sites” onde existam instalações declaradas.

- A eventual detecção de material proscrito motivaria amostragem por menorizada – com adequados mecanismos de contraprova por autoridades independentes – nas áreas de circulação da instalação em questão. Uma nova comprovação da existência de material fora das especificações admitidas exigiria o esclarecimento do país, usando os meios adequados, sobre o material e as atividades em questão.

Não é conveniente para o Brasil. É melhor continuar com as inspeções sem abrir mão de, no futuro, usarmos HEU (High Enriched Uranium) para outros fins.

- No caso do Brasil e Argentina, o acordo compromisso seria estabelecido por aditivo ao Acordo Bilateral Brasil-Argentina e seu cumprimento seria verificado pela ABACC. Neste aditivo estaria prevista a possível verificação do novo compromisso pela AIEA dentro de Aditivo ao Acordo Quadripartito (a exemplo do acordo original a verificação bilateral seria iniciada independentemente da Agência Internacional).
- Uma alternativa ao compromisso bilateral seria o de um acordo aberto a adesões de outros países renunciando a materiais cuja composição isotópica (definida pelo acordo) possa facilitar o acesso a material de uso direto em artefatos nucleares.
- As informações fornecidas à(s) agência(s) fiscalizadora(s) levariam em conta a não disseminação de informações que incrementem o risco à integridade das instalações e à disseminação de tecnologias sensíveis.

Vantagens antevistas e possíveis desvantagens da solução proposta.

Vantagens:

A vantagem da proposta é que sua adoção tiraria os países que ainda não aceitaram o Protocolo Adicional da atual posição defensiva

e os colocaria na ofensiva contra a proliferação. A recusa à atual versão do Protocolo Adicional estaria baseada justamente em não querer favorecer a proliferação. Como moeda de troca, os países que aderissem ao novo sistema estariam oferecendo algo substancial já que o compromisso tornaria possível criar uma zona livre de materiais nucleares em níveis que favorecessem a proliferação em moldes ainda não existentes mesmo nos países signatários do Protocolo.

Desvantagens:

É possível que a proposta não desmonte inteiramente as pressões existentes para a assinatura, na forma atual, do Protocolo. A outra desvantagem é que a renúncia implica desistir de algumas possíveis aplicações nucleares. A mais evidente é de reatores para satélites; ela também tornaria inviável alguns reatores especiais de pesquisa como os de alto fluxo. Tendo por base as aplicações pacíficas normalmente consideradas para o médio prazo nos países eventualmente signatários, existe o perigo de não se poder usar um núcleo de longa vida que permitiria operar um submarino, ou uma usina, em sua vida útil, sem necessitar troca de combustível. Para o médio prazo nos países eventualmente signatários. Com efeito, embora os países nuclearmente armados utilizem enriquecimentos superiores em submarinos, os idealizadores do programa brasileiro afirmam que enriquecimentos inferiores a 20% já propiciariam ao veículo uma autonomia aceitável para os fins defensivos a que se destina.

10 – Pressões externas

10.1 - Energia nuclear: pressão norte-americana é artificial e provocadora

Desembarcou no Brasil, no dia 14 de abril de 2004, uma revoada de autoridades norte-americanas e da Agência Internacional de Energia (AIEA) para tratar de assuntos relativos ao programa de energia nuclear brasileiro. Essa agenda já estava programada, há um certo tempo.

Contudo, não gratuitamente, dias antes dessa visita, num artigo do diário *The Washington Post*, influente jornal dos Estados Unidos, foi publicada a mentira, segundo a qual o Brasil estaria impedindo inspeções da AIEA nas instalações das Indústrias Nucleares do Brasil (INB), na cidade de Resende, no Rio de Janeiro. Esse diário também colocou o país no mesmo balaio do contencioso nuclear no qual se encontram, entre outros, o Irã e a Coreia do Norte.

Em seguida à provocação desse periódico, o Departamento de Energia dos Estados Unidos emitiu uma nota na qual pressiona o governo brasileiro a assinar *rapidamente* o protocolo adicional da AIEA.

O governo do presidente Lula reagiu com firmeza contra essa pressão artificial e provocadora dos Estados Unidos. Com a serenidade de quem está alicerçado na razão, através dos ministros da Ciência e Tecnologia, da Defesa e das Relações Exteriores, o governo brasileiro rebateu com clareza as distorções e inverdades lançadas.

Primeiro, o Brasil é signatário do Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNT); segundo, a Constituição brasileira veda o uso da energia nuclear para fins bélicos; terceiro, o projeto nuclear brasileiro, monitorado pela AIEA, tem como objetivos exclusivos fins industriais e pacíficos.

Na Comissão de Relações Exteriores da Câmara Federal, em reunião no último dia 6 de abril do mesmo ano, o chanceler, Celso Amorim, falando especificamente sobre o protocolo adicional disse que o país não vai se deixar levar por pressões exteriores. E que o assunto será resolvido de forma racional e soberana, “à luz de seus interesses em uma área estratégica”.

Esse tal protocolo adicional permite que AIEA realize vistorias irrestritas ao conjunto das instalações, sem nenhum aviso prévio. O governo, sem descartar a assinatura, a considera desnecessária pela transparência do programa nuclear brasileiro e ao controle que a AIEA, nos termos do TNT, já exerce sobre ele. Por outro lado, o Brasil não abre-mão de exercer o seu direito de resguardar os segredos industriais da tecnologia de centrifugação que desenvolveu.

Certamente, os funcionários do governo norte-americano argumentaram na visita ao Brasil que o Senado dos EUA tinha aprovado, no dia 31 de março, o protocolo adicional. Mas conforme denunciaram especialistas do setor, isso não passa de jogo para pressionar os países que não compõem o grupo das cinco potências nucleares reconhecidas (EUA, Grã-Bretanha, Rússia, França e China). Isso por um motivo muito simples. Esse grupo de países não está sujeito às mesmas exigências dos demais. Por exemplo, a AIEA não pode fazer inspeções nas instalações militares desses países que fabricam armamentos nucleares.

O ministro Celso Amorim disse, também, que ao tempo em que o Brasil cumpre todas as suas obrigações internacionais nesse terreno, o mesmo não ocorre com essas chamadas potências nucleares. Amorim se refere ao pouco que fizeram tais potências ao que dispõe o artigo 6º do TNT que determina o desmantelamento do arsenal nuclear existente. No caso concreto dos EUA o que se tem documentado é uma alocação cada vez maior de verbas orçamentárias à indústria bélica em geral.

Por trás dessa intempestiva e injustificada pressão norte-americana há um conjunto de motivações políticas e comerciais que se mesclam. O mercado comercial de urânio enriquecido, à medida que se amplia o uso industrial da energia nuclear, torna-se cada dia mais promissor. Essa pressão visa impedir que países como o Brasil venham a dominar em plenitude essa tecnologia estratégica e assim disputar e participar desse rentável filão industrial.

Na esfera política não é descabido apontar que pode efetivamente se tratar de uma provocação da administração Bush com o intuito de conter a justa linha da política externa do governo Lula de afirmação da soberania brasileira. Embora o ministro Amorim tenha negado qualquer vínculo, não há como não registrar a coincidência de essa pressão eclodir simultaneamente ao fracasso das negociações em torno da Alca.

Internamente, embora ainda seja cedo para avaliar, no geral as forças políticas presentes no Congresso Nacional, também, reagiram em apoio ao governo. Todavia, algumas lideranças do PSDB já entraram em cena, de modo antipatriótico, (a nosso ver)

fazendo coro às autoridades dos Estados Unidos.

Em episódios dessa importância, em que os Estados Unidos, maior potência econômica e militar do mundo, fazem uma descabida pressão contra o Brasil, é preciso uma reação uníssona de todos — personalidades, partidos políticos, movimentos sociais — que, de fato, tenham como compromisso a defesa da soberania do Brasil.

10.2 - Brasil enfrenta pressão

Restrição de acesso visual às ultracentrífugas

A geração nuclear é a única forma limpa de energia (os resíduos são guardados em depósitos seguros, não agredindo o meio ambiente) que já é aplicada em grande escala e com preço de geração compatível com o mercado. Por isso, é apontada como indispensável à malha energética de qualquer país que pretenda manter ou aumentar sua condição de desenvolvimento na época atual.

Esse motivo levou países em desenvolvimento, como Índia e China, a encomendar mais reatores. Existem, atualmente, mais de trinta reatores nucleares para geração elétrica em construção no mundo.

O combustível dos reatores nucleares é o Urânio. O Urânio encontrado na natureza é uma mistura de três isótopos, sendo 99,28% de U238, 0,7% de U235 e traços de U234, como já se viu.

A maioria dos reatores existentes no mundo usam combustível em que o percentual de U235 tem que ser maior do que o encontrado na natureza (entre 3,5% e 5% de U235). O processo de aumentar a concentração de U235 para poder usar o Urânio como combustível desses reatores, chama-se separação isotópica ou, simplesmente, enriquecimento.

Poucos países no mundo conseguem fazer separação isotópica de Urânio, etapa de maior dificuldade tecnológica para produção de combustível nuclear.

Dos métodos possíveis para fazer essa separação, existem apenas dois que são aplicados comercialmente. O primeiro a ser desenvolvido (na década de 40) foi o método de difusão gasosa

e foi usado por EUA, Rússia, França e Inglaterra. O segundo método, o da ultracentrifugação, foi aplicado comercialmente na década de 70 por um consórcio formado por Alemanha, Inglaterra e Holanda (URENCO). Esse segundo método provou ser mais econômico do que o primeiro, por consumir cerca de vinte e cinco vezes menos energia.

Sabe-se, hoje, que EUA e França, ainda não conseguiram desenvolver esse método, apesar de uma empresa americana (USEC) já ter investido três bilhões de dólares. A Rússia e o Japão já enriquecem Urânio por esse método, embora não se tenha notícias sobre a viabilidade econômica dessas máquinas. O Paquistão conseguiu copiar a ultracentrífuga da URENCO, mas não as aplica comercialmente. A China comprou recentemente, ultracentrífugas russas e a Índia, que desenvolveu bomba de Plutônio, ainda não conseguiu desenvolver a capacidade de enriquecer Urânio comercialmente.

Na década de 80, o Brasil desenvolveu essa capacidade, usando uma tecnologia diferente da usada pela URENCO, fazendo o rotor da ultracentrífuga levitar magneticamente para evitar atritos.

Até 2000 o mundo não sabia o custo de enriquecimento no Brasil, e a AIEA não se importava muito com o fato de não poderem ver as ultra-centrífugas durante as inspeções. A partir do contrato de fornecimento de ultra centrífugas para a INB, ficou claro que o Centro Tecnológico da Marinha tinha conseguido desenvolver uma tecnologia comercialmente competitiva.

Motivos para a recusa da proposta da AIEA de acesso irrestrito.

– **Não proliferação** – O Brasil, além de colocar em sua Constituição que o uso da energia nuclear seria somente para fins pacíficos, é signatário de acordos internacionais que têm por objetivo a não proliferação de conhecimentos que possam levar ao desenvolvimento de armas de destruição em massa.

Um dos princípios básicos de proteção ao conhecimento é o de só permitir acesso à informação às pessoas que necessitem delas para trabalhar.

O trabalho dos inspetores da AIEA é o de evitar que materiais nucleares sejam desviados para aplicações não declaradas, sendo, portanto, um trabalho de verificação de contabilidade de materiais. Sendo assim, precisam registrar e ter acesso aos registros de entrada e saída do material que está sendo processado, mas não há necessidade de visualizar as centrífugas que executam o processo.

No entender da Marinha, os métodos que foram empregados até hoje, foram suficientes para evitar a proliferação nos últimos 25 anos. Os casos de proliferação detectados foram provocados por descuidos na segurança da informação (caso do Dr Khan do Paquistão, que teve acesso a informações na URENCO) (exatamente a segurança que tentamos preservar), desenvolvimentos não declarados (caso do Irã) e falta de controle nas exportações de bens sensíveis (caso da Coreia do Norte, Líbia e Iraque). A visualização das centrífugas não resolve nenhum dos casos conhecidos. Ao contrário, dificulta a segurança da informação.

– **Falta de motivos técnicos** – A alegação da AIEA para solicitar o acesso irrestrito é que, teoricamente, poderíamos estar escondendo um cilindro de armazenamento entre as centrífugas. Apesar de existirem medidores de entrada e saída, que detectariam os desvios, e câmaras no acesso do prédio das centrífugas, para registrar tudo que entra e sai, a AIEA alega que poderiam ser desviadas pequenas quantidades de material, dentro da faixa de erro dos equipamentos de leitura (o que só seria possível se soubéssemos o erro dos equipamentos deles).

Mesmo sendo isso possível, a retirada dos painéis não seria necessária, pois o acúmulo de material em uma região da cascata pode ser detectado por detetores de radiação pelo lado externo dos painéis, teste que a AIEA faz durante as inspeções. A detecção só não ocorreria se esse depósito de material tivesse blindagem. A maneira de se detectar a existência de blindagem é passar com um gerador de neutrons de um lado do painel e um detetor do outro, o que, também, é feito regularmente pelos inspetores da AIEA durante as inspeções. A alegação final da Agência é que seria muito caro em uma instalação grande como a que está sendo instalada em Resende, fazer esse tipo de teste.

Essa última alegação coloca a pretensão da AIEA na condição de solicitar o relaxamento dos nossos procedimentos de segurança da informação para baratear custos de inspeção, o que não é aceitável.

Existe, ainda, outra falha nas alegações da AIEA. Se, teoricamente, podemos colocar um depósito blindado para desvio de material, nada impede de fabricarmos esse depósito com a forma e as dimensões de uma ultra centrífuga. Nesse caso, a forma de detecção volta a ser o uso do par fonte de neutrons x detetores, sem necessidade de retirada dos painéis.

Existe ainda outra alegação da AIEA. Segundo eles, pode existir um tubo desviando material enriquecido. Novamente, a inspeção visual não resolveria pois esse tubo poderia estar passando por dentro da ultracentrífuga e de sua base. Para contornar essa situação, é possível e aceitável que sejam feitas inspeções durante a construção do piso.

A AIEA ainda não apresentou uma justificativa técnica convincente para a solicitação de acesso visual às ultracentrífugas e ao permitirmos esse acesso, desnecessário, estaríamos contrariando as recomendações dos métodos de segurança da informação. Além disso, é direito nosso, assegurado nos tratados que assinamos, proteger nossos segredos tecnológicos.

Vale ressaltar que o Brasil está sempre disposto a negociações de alternativas técnicas para viabilizar a aplicação de salvaguardas e cumprimento dos acordos que somos signatários e, em nenhum momento, abandonamos as negociações. Já aceitamos, ao longo dos anos, várias propostas da AIEA e ABACC que não estavam previstas inicialmente.

Oportuno, aqui, introduzir considerações do Diretor de Engenharia da Marinha, Alte. Alan Paes Leme Arthou.

Oportuno, também, levar em conta a visão do cientista Andrew Oppenheimer sobre o assunto.

A atitude do governo americano de pressionar o Brasil, um aliado histórico que eliminou seu programa de armas nucleares há mais de uma década, para que aceite inspeções mais rigorosas é “estranha”, diz Andrew Oppenheimer, especialista em armas nucleares do Jane's Information Group, centro de estudos voltado para segurança internacional.

“Só posso entender [a pressão] levando em conta que os EUA são muito desconfiados quando se trata de proliferação nuclear. Estão sempre olhando à sua volta, em busca de perigos que podem existir ou não”, afirma.

A pressão dos EUA vêm do fato de o Brasil não ter assinado um protocolo adicional do Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) que reforçou o poder de fiscalização da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). O protocolo, de 1997, autoriza a agência a inspecionar locais “sensíveis” com aviso prévio pequeno — às vezes, só duas horas de antecedência.

O governo brasileiro não quer permitir acesso irrestrito dos técnicos da AIEA a um equipamento de ultracentrifugação da fábrica de enriquecimento de urânio da estatal INB (Indústrias Nucleares do Brasil) em Resende (RJ). Argumenta que quer proteger o segredo industrial do processo empregado, que seria mais econômico.

Para o físico Rogério Cezar de Cerqueira Leite, professor emérito da Unicamp, o temor dos brasileiros não se justifica, mesmo quando minimiza a possibilidade de *espionagem* da parte e técnicos estrangeiros.

Eu reconheço que as centrifugas têm alguma melhoria em relação aos sistemas tradicionais. Mas uma comissão de inspeção é composta de técnicos de um certo prestígio que não aceitariam passar informações ao governo americano, disse o físico, que integra o Conselho Editorial da Folha de São Paulo

A razão da maior eficiência do sistema brasileiro é que, enquanto nos outros seis países que enriquecem urânio por ultracentrifugação as máquinas giram mecanicamente (têm eixo com rolamentos), a brasileira gira “flutuando” sobre um campo magnético. Isso evita o desgaste dos materiais.

Cerqueira Leite também argumenta que não há grande interesse dos EUA em ter acesso à tecnologia brasileira porque o país possui um estoque grande de urânio enriquecido. Por isso, não tem necessidade urgente de um sistema de enriquecimento mais eficiente.

Mesmo assim, o físico defende a postura dos brasileiros. “O governo brasileiro tem o absoluto direito de dizer que não vai

consentir [nas inspeções], até porque na Holanda, nos EUA, as inspeções não são feitas. Nem na África do Sul. Nunca se tentou fazer”, diz.

Condições desiguais

Andrew Oppenheimer ressalta que as condições do TNP são bastante desiguais para os signatários. O texto colocou como única obrigação para as potências nucleares que elas se comprometessem a não propagar tecnologia nuclear para fins não-pacíficos.

A diferença entre a produção de urânio para alimentar usinas nucleares de eletricidade e a produção que serve para fazer bombas atômicas é o grau de enriquecimento. Para produzir energia elétrica é necessária uma concentração de 3% a 5% de urânio-235 (radioativo) no urânio-238 (não-radioativo). Já para a bomba, a concentração deve ser de 95%.

“[O TNP] é um regime bastante desigual. As regras de controle para os países nucleares são bastante flexíveis e difíceis de serem efetivadas”, diz Oppenheimer. As cinco potências nucleares - EUA, Reino Unido, França, Rússia e China - são os países que já tinham a bomba atômica quando o tratado foi assinado, em 1968. São também os únicos com assento permanente no Conselho de Segurança da ONU. Em contraste, os demais países, além de proibidos de buscar armas nucleares, têm de estar sujeitos a inspeções regulares da AIEA para garantir que suas atividades são para fins pacíficos.

O Reino Unido, por exemplo, está livre de inspeções obrigatórias da agência e pode vetar o acesso de técnicos a suas instalações quando quiser.

Os britânicos permitem inspeções apenas como uma concessão, “voluntariamente”. Mas o governo se reserva as prerrogativas de negar acesso a alguns locais e de remover materiais. “O Reino Unido mantém o direito de excluir instalações [das inspeções] e de remover material do que for objeto de inspeção”, diz o departamento responsável por questões de energia nuclear.

“O governo britânico não esconde seu desconforto quando a AIEA pede autorização para vistoriar a usina de Sellafield [principal instalação nuclear do país]”, diz Oppenheimer.

A adesão ao protocolo adicional do TNP tem sido bem menor que a adesão ao próprio tratado. Enquanto ele tem a adesão de quase 190 países, só 86 assinaram o protocolo - inclusive as cinco potências, para quem, no entanto, a situação muda pouco na prática. E apenas 39 países ratificaram o texto. A União Européia assinou em bloco, com exceção de França e Reino Unido. As duas potências nucleares do continente tiveram direito a textos próprios, nos quais foram reiterados os privilégios previstos no tratado.

10.3 - Powell quer mais acesso de inspetores nucleares ao Brasil

O secretário de Estado americano, Colin Powell, quer que o Brasil permita que a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) tenha mais acesso à tecnologia nuclear do país.

Falando a jornalistas no avião a caminho do Brasil, ele deixou claro que não vê o programa nuclear do país como uma ameaça.

“Nós não temos preocupação com o fato de o Brasil estar caminhando na direção de algo além do uso pacífico da energia nuclear, claro, e de produzir seu próprio combustível para suas usinas nucleares. Não há preocupação com proliferação, de nossa parte”, disse Powell aos repórteres que viajavam em seu avião.

“Acreditamos que eles deveriam trabalhar com a AIEA para satisfazer a necessidade de verificação da agência.”

Quando perguntado sobre a recusa do Brasil em marcar uma data para que inspetores internacionais tenham o acesso que desejarem a suas instalações nucleares, Powell pareceu minimizar suas preocupações.

“O Brasil não se recusou a deixar os inspetores entrar nas instalações”, disse ele. “Uma equipe da AIEA deverá chegar em cerca de duas semanas.”

Para Rafael Duarte Villa, professor de relações internacionais do departamento de Ciências Políticas da USP, a visita de Powell deve funcionar como uma maneira de pressão para que o Brasil assine o protocolo adicional ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear.

“Acredita-se que uma negativa brasileira pode estimular outros países, como o Irã, a aprofundar suas pesquisas no desenvolvimento de programas nucleares”, disse Villa à BBC Brasil.

O protocolo adicional daria mais liberdades para que a agência nuclear da ONU realize inspeções mais intrusivas e sem aviso prévio.

10.4 - Cooperação

Powell reuniu-se com o presidente Luís Inácio Lula da Silva e com o ministro das Relações Exteriores, Celso Amorim.

A questão delicada das inspeções nucleares provavelmente terá figurado menos nas conversações de alto nível do secretário de Estado do que comércio e cooperação no âmbito regional.

As relações entre os Estados Unidos e o Brasil melhoraram muito no último ano.

Powell deu ao Brasil crédito pelo que chamou de seu importante papel de liderança no hemisfério e papel significativo também no cenário internacional.

Washington aplaudiu a habilidade diplomática do Brasil em aliviar a recente tensão política na Venezuela e o fato de que o Brasil recentemente ter assumido o controle da força de paz da Organização das Nações Unidas (ONU) no Haiti.

Talvez os americanos tenham menor entusiasmo pela postura do Brasil em relação ao comércio, inclusive no que diz respeito às queixas do país por causa dos subsídios agrícolas nos Estados Unidos.

O maior elemento de barganha de Powell pode ser uma promessa de apoio para o Brasil em sua busca de uma cadeira permanente no Conselho de Segurança da ONU.

Até agora, contudo, há poucos sinais de uma promessa pública.

Indagado sobre o assunto, Powell disse que os Estados Unidos não adotariam mais posições em iniciativas individuais até que um painel de especialistas indicados pela ONU e que estudam reformas da organização anunciem suas conclusões.

10.5 - Bomba: ter ou não ter?

O Brasil não vai fabricar a bomba, mas seria interessante deter o seu conhecimento tecnológico? O físico e pesquisador do

Museu de Astronomia e Ciências Afins, Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, acha que vale a pena. “Não acho que a gente tenha de fabricá-la, mas que deveríamos ter o conhecimento da tecnologia da bomba. Por que alguns países têm e outros não? Hoje, se houver invasão de uma dessas grandes potências a alguma outra nação, a ONU não faz nada. Por isso também é importante, para se defender”, afirma.

Já o professor da UnB é contrário. “Seria gastar dinheiro à toa, só para dizer que entramos para o clubinho dos que têm a bomba atômica”, diz. O professor do Instituto de Física da USP, Alejandro de Toledo, também é contra, mas destaca que é importante continuar a investir na tecnologia para geração de energia. “A pesquisa na área atômica é fundamental, como é importante ter refinarias de petróleo. No médio prazo, ela vai voltar a ser uma fonte de energia importantíssima. As fontes de energia fósseis são finitas e as que são mais simples de extração estão acabando e ficarão mais custosas”, afirma.

Segundo ele, futuramente o principal problema das usinas nucleares — o lixo atômico — será resolvido. “Em longo prazo, outros tipos de reatores serão incrementados e o custo do lixo radioativo vai ser diminuído. A produção deste lixo será muito menor e, aí sim, a energia nuclear vai ser muito mais atraente”, explica.

10.6 - O Brasil e o protocolo adicional ao acordo de salvaguarda¹⁵

O Brasil parece ser a *bola de vez* no mecanismo de pressão internacional para a assinatura do Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguardas que visa dar mais poderes a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) em suas inspeções a atividades nucleares.

Recentemente, Líbia e Irã concordaram em assinar o Protocolo como meio de reduzir as suspeitas de estarem conduzindo programas ilegais, visando fabricação de armamentos nucleares.

Nada parece justificar a inclusão do Brasil nessa lista de países, já que não pesa atualmente sobre o Brasil nenhuma

¹⁵ Carlos Feu Alvim(*) cfeu@ecen.com

suspeita fundamentada de atividades ilícitas na área nuclear que pudessem levar a uma aceitação, sem discussão, do Protocolo.

O Protocolo é o instrumento legal para que a AIEA aplique o que foi chamado “salvaguardas fortalecidas” visando evitar novos programas clandestinos como os do Iraque (antes da primeira invasão) e da Coréia do Norte. Fundamentalmente o Protocolo assegura à AIEA maiores informações e maior facilidade de acesso.

Nos artigos do NY Times e do Washington Post que levantaram o assunto do Protocolo Adicional (motivo) aparece junto com um pretexto baseado nas salvaguardas vigentes. O pretexto é a retirada dos painéis que cobrem as centrífugas que estão sendo instaladas na fábrica de combustível da estatal Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) em Resende.

A história desses painéis é até curiosa. Previamente à assinatura do Acordo de Salvaguardas com o Brasil, a AIEA concordou, que as centrífugas que fazem o enriquecimento fossem cobertas com um painel, pois para as salvaguardas o importante são as tubulações e o material que entra e sai delas.

Na descrição do diretor do projeto (Contra-Almirante Othon) seria aplicado o conceito do (antigo) mictório masculino francês que deixava ver as pernas e a parte superior do cidadão, mas tapava o essencial.

No início o painel era deste tipo. Foi a partir de uma tentativa de um inspetor da AIEA de olhar por baixo da saia (painel) que a Marinha decidiu cobrir não mais o essencial mas o todo.

Foi a ABACC (Agência Brasileiro-Argentina que coordena as inspeções mútuas) que desenvolveu inicialmente um método para aplicar salvaguardas nucleares com esses painéis, já que existe a possibilidade que eles possam conter cilindros onde o material enriquecido e empobrecido estariam sendo armazenados.

O sistema envolve medições de emissão e transmissão de radiações gama ou de nêutrons dentro da usina e inspeções não anunciadas. A AIEA, técnicos argentinos e americanos colaboraram na elaboração do método que está aplicado há alguns anos nas instalações da Marinha.

Por que a AIEA, então, não aceita que o mesmo processo seja aplicado em Resende? Do ponto de vista formal a AIEA tem

uma certa razão já que sua aplicação em uma usina comercial não estava prevista.

Por outro lado, as centrífugas que foram para Resende estariam sendo instaladas na Usina de Demonstração da Marinha (USIDE) onde o processo já está aprovado. Por que a AIEA estaria dificultando esta transferência sendo que é tremendamente mais complicado inspecionar uma instalação militar que uma civil?

Surgiu recentemente uma possível explicação para esta resistência que pode se configurar como o verdadeiro motivo da pressão atual: é a idéia do Presidente Bush, mencionada em um artigo anterior do NY Times e no próprio artigo do Washington Post, de se instalar uma nova política de não proliferação que limitaria o acesso ao enriquecimento de urânio a países que já dominam o ciclo nuclear. Um critério para estabelecer esta distinção poderia ser o de possuir ou não uma usina comercial.

É interesse para o Brasil desarmar rapidamente o pretexto para pressões internacionais. Facilitaria a aceitação do método, na atual etapa, se o Brasil garantisse que ele estaria limitado à capacidade de enriquecimento total já acordada para sua aplicação (laboratórios da Marinha e USIDE). Existem certamente soluções inventivas que poderiam ser aceitas pela AIEA para o restante da usina de Resende.

Quanto à adesão do Brasil ao Protocolo Adicional - objetivo explícito da atual pressão internacional –, está na hora de discutir com a sociedade o assunto, para evitar que sejamos atropelados. Não é hora nem de bravatas nem de submissão.

Urânio: Brasil não é contra a inspeção internacional, mas contra aumento da inspeção que pode apropriar-se da tecnologia desenvolvida pelo país

‘Nossa tecnologia é superior à americana e à francesa. Nossas centrífugas são as mais desenvolvidas do mundo. Nossa centrífuga de enriquecimento de urânio não gira em torno de um eixo mecânico, mas de um eixo imantado. Estamos diante de um problema de preservação de tecnologia’

Por recomendação da Marinha, o governo brasileiro está impondo condições às inspeções da Agência Internacional de

Energia Atômica (AIEA) nas instalações envolvidas no processo de enriquecimento de urânio no país.

A posição do governo brasileiro não é contra as inspeções em si, mas contra a assinatura de um protocolo adicional que vai ampliar ainda mais os poderes de averiguação da agência. O comando da Marinha, responsável pelo desenvolvimento dos equipamentos brasileiros de enriquecimento de urânio, e as agências brasileiras do setor advertiram o governo de que, por trás das mudanças pretendidas pela agência internacional, poderia existir um desejo escuso de apropriação da tecnologia de ponta desenvolvida pelo Brasil.

“A nossa tecnologia é superior à americana e à francesa. As nossas centrífugas são as mais desenvolvidas do mundo. A nossa centrífuga de enriquecimento de urânio não gira em torno de um eixo mecânico, mas de um eixo imantado. Estamos diante de um problema de preservação de tecnologia”, disse um integrante do primeiro escalão do governo. A Marinha, via Ministério da Defesa, informou à Casa Civil e ao Ministério da C&T, que era suspeita a tentativa da agência de ampliar as inspeções dos equipamentos brasileiros. Até Universidades seriam fiscalizadas

O Ministério das Relações Exteriores está preparando proposta alternativa ao protocolo adicional proposto pela AIEA.

As autoridades do setor afirmam que a agência, por pressão americana, quer que o Brasil abra todas as suas instalações de pesquisa tecnológica, tanto militares quanto civis, inclusive nas Universidades. Informam ainda que a agência internacional já sabe que a Indústria Nucleares do Brasil (INB), que passará a enriquecer urânio em caráter industrial dentro de três meses, não produzirá urânio para fins bélicos.

‘Vamos enriquecer o urânio num percentual inferior a 5%. Eles sabem que para mover um submarino nuclear é preciso enriquecer o urânio em 20% e que para produzir uma bomba o enriquecimento é de mais de 90%’, disse um assessor qualificado do governo. Os acordos internacionais, dos quais o Brasil é signatário, prevêm que cada instalação industrial de enriquecimento de urânio tenha

um projeto de inspeção, estabelecendo regras sobre o que será visto e o que não será mostrado.

Neste momento, a INB está negociando o seu projeto de inspeção e o que poderá ou não ser vistoriado pelos inspetores internacionais. Como o Brasil não é acusado de integrar qualquer 'eixo do mal', a pressão para que a agência tenha acesso irrestrito às instalações brasileiras está sendo associada à pirataria tecnológica.

Compromisso com fins pacíficos

Integrantes do governo disseram que, de posse de dados técnicos dos equipamentos usados nas centrífugas de enriquecimento de urânio, outros países poderiam adotar restrições à exportação para o Brasil de determinados produtos, dificultando o desenvolvimento tecnológico do país.

Eles consideram ainda que o comportamento da AIEA é descabido na medida em que o Brasil é o único país do mundo a ser fiscalizado por duas agências - passa também por vistorias da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (Abacc).

O Brasil é também o único país em que é constitucional o compromisso de somente usar a energia nuclear para fins pacíficos. Atualmente, o Brasil recebe 40 vistorias anuais avisadas e não avisadas da AIEA. Por isso, membros do governo consideram que há interesses não revelados por trás desse episódio.

'Por que eles não inspecionam quem produz artefatos nucleares? O Brasil abandonou há muito tempo, e de forma unilateral, qualquer projeto militar nuclear', afirmou um importante assessor do governo Lula.

Interesse pelo Brasil aumentou

O interesse da AIEA pelo Brasil aumentou a partir do início de outubro de 2005, quando o ministro da C&T, Roberto Amaral, anunciou que o país vai começar a produzir em escala industrial urânio enriquecido.

O ministro informou na ocasião que até 2010 o Brasil produziria 60% do urânio que hoje alimenta as usinas nucleares Angra 1 e 2. E acrescentou que a partir de 2014, o país passaria a integrar o seleto clube de países com capacidade para exportar urânio enriquecido. Hoje, seis países fazem esse processo de enriquecimento para

geração de energia elétrica: Rússia, China, Japão e um consórcio europeu (Urenco) formado por Holanda, Alemanha e Inglaterra.

O ministro Roberto Amaral afirmou ainda que, ao enriquecer o urânio, o país poderá economizar recursos que podem chegar a US\$ 11 milhões a cada período de 14 meses. (O Globo, 31/12)

10.7 - Informações sobre as salvaguardas nucleares e o protocolo adicional

Uma das funções da Agência Internacional de Energia - AIEA é garantir que os materiais e as atividades nucleares de um país sejam exclusivamente para fins pacíficos. Para isso a Agência assina com os países (ou conjunto de países) um acordo de Salvaguardas Nucleares.

Os países que assinam tais acordos são, de maneira geral, signatários de um outro acordo em que renunciam ao uso e posse de armas nucleares.

Na grande maioria dos países, este acordo é o TNP. O Brasil sempre considerou esse acordo discriminatório e preferiu, juntamente com a Argentina, assinar um acordo bilateral onde basicamente os mesmos compromissos eram assumidos.

Com base nesse acordo Brasil, Argentina, ABACC e AIEA assinaram em Dezembro de 1991, um acordo de Salvaguardas denominado Quadripartite. Esse mesmo acordo de salvaguardas foi usado para atender ao TNP quando Argentina e posteriormente o Brasil resolveram ratificá-lo.

Quando foram descobertos os programas clandestinos do Iraque e da Coreia do Norte, não obstante serem esses países signatários do TNP e ter em vigor um Acordo de Salvaguardas com AIEA o sistema de salvaguardas existente foi contestado.

Sob liderança dos EUA a Assembléia da AIEA resolveu adotar medidas que foram chamadas de “fortalecimento de salvaguardas”. Algumas medidas puderam ser adotadas de imediato porque se entendeu que a AIEA já tinha mandato para tanto, outras ficaram pendendo da aceitação pelos países de um **Protocolo Adicional** cujo modelo foi aprovado pela AIEA em 1997.

Esse modelo deveria ser adaptado a cada tipo de acordo. No caso de Brasil e Argentina já existe uma minuta pronta para o protocolo adicional ao Quadripartite. Para colocá-lo em vigor as partes teriam que assinar o Protocolo que só entra em vigor depois da ratificação do Congresso dos dois países e dos órgãos diretores das agências.

A diferença entre o novo tipo de “salvaguardas fortalecidas” e o precedente pode-se resumir no seguinte: anteriormente, os países declaravam seus materiais (essencialmente, Urânio a partir de uma certa pureza e Plutônio) e suas instalações nucleares e a AIEA (e a ABACC) se encarregavam da contabilidade do **material declarado nas instalações declaradas**. Essas instituições cuidavam para que não houvesse desvios nessa contabilidade. Todavia, a eventual existência de um “caixa dois” de materiais e instalações independentes era praticamente ignorada. As novas salvaguardas ocupam-se também da possibilidade de existência desse “caixa dois”.

O Brasil já aceitou a necessidade da AIEA certificar-se de que a declaração dos países sobre atividades e materiais nucleares seja completa. Neste sentido, algumas medidas do chamado “fortalecimento de salvaguardas” já estão em vigor.

O Protocolo Adicional objetiva ampliar as informações recebidas dos países e dar à AIEA um maior acesso a instalações declaradas ou não. Com ele, em teoria, qualquer lugar do País poderia estar sujeito a inspeções. Alguns lugares poderiam, no entanto, merecer um acesso administrado que visa preservar alguns segredos tecnológicos.

Um dos pontos mais polêmicos do novo tipo de salvaguardas é que a AIEA deve ser capaz de fornecer anualmente uma certificação confiável não somente sobre o material nuclear declarado em um país mas sobre a ausência de materiais e instalações nucleares não declarados.

Anteriormente já existia considerável dúvida sobre a possibilidade de um país poder conseguir esse tipo de “prova negativa”. Com o episódio sobre a comprovação da não existência de armas de destruição em massa no Iraque essa dúvida ficou fortalecida. Também ficou evidente o risco que pode correr um

o país que aceite um compromisso que implique provar sua inocência.

O Protocolo Adicional já foi objeto de extensa discussão diplomática em que o Brasil teve papel relevante. Sua redação já adotou alguns dos pontos de vista brasileiros, mesmo que disfarçados pelas “ambigüidades construtivas” dos diplomatas.

Para países onde a indústria nuclear é privada existem, no Protocolo, proteções a direitos constitucionais da indústria privada envolvendo, por exemplo, seus segredos tecnológicos. Nesse caso o País compromete-se a fazer tudo que for razoável para satisfazer a AIEA por outros meios. O Brasil não estaria protegido por essas cláusulas porque nossa indústria é estatal e, em princípio, teria poderes para ordenar o acesso.

O protocolo já está em vigor em 39 países e já foi assinado por outros 47. Dos países onde está em vigor os relevantes, em termos nucleares, são Japão e Canadá. Os países da União Européia assinaram, juntamente com a EURATOM, o Protocolo Adicional cuja entrada em vigor só se dará quando todos os países o ratificarem.

Como contrapartida à aplicação do novo tipo de salvaguardas, aos países onde a AIEA pudesse assegurar que não detectou indícios de atividades não declaradas, seriam aplicadas salvaguardas integradas e com menor exigência de inspeções de rotina.

10.8 - Algumas siglas e definições

Salvaguardas Nucleares são procedimentos para garantir o uso somente pacífico dos materiais e equipamentos nucleares.

AIEA – Agência Internacional de energia Atômica. É um organismo das Nações Unidas e tem Sede em Viena Áustria

Acordo Bilateral – Acordo para Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear, assinado por Brasil e Argentina em 1991 e que criou a ABACC.

ABACC – Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares com Sede no Rio de Janeiro. Atualmente faz a maioria das inspeções com a AIEA e algumas por iniciativa própria.

TNP - Tratado de Não Proliferação Nuclear pelo qual a posse de armas nucleares ficaria restrita aos países que as possuíam na época do tratado (EUA, Rússia (sucessora da URSS), Reino Unido, França e China).

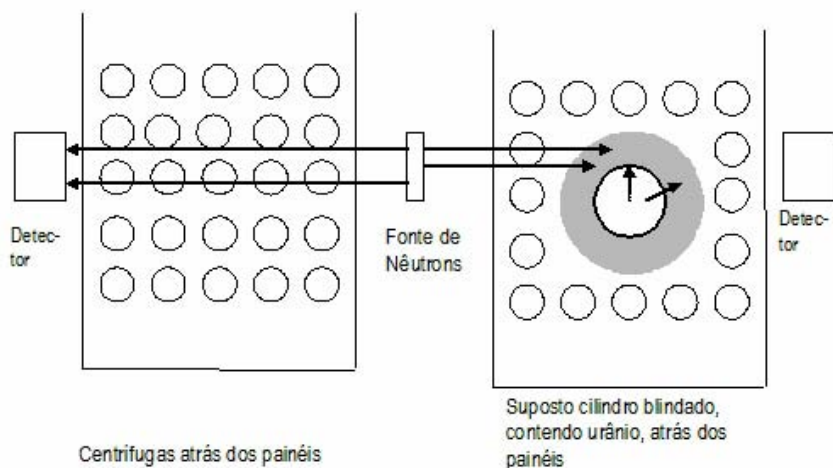
EURATOM – Organismo, anterior à existência da Comunidade e da União Européia, encarregado de aplicar salvaguardas regionais nos Países da União Européia. Inspirou a criação da ABACC.

10.9 - Nota sobre o processo de inspeção adotado pela ABACC e AIEA nas instalações de enriquecimento no Brasil com painéis que encobrem as centrífugas:

O problema existente é que mesmo inspecionando-se as tubulações que saem e entram nos painéis não se elimina a hipótese que dentro dos painéis possam estar contidos cilindros que armazenassem material nuclear.

O material desse pretense cilindro emitiria radiação gama (que pode ser blindada com chumbo) e nêutrons (que podem ser blindados com parafina ou polietileno). A Agência fiscalizadora tem que eliminar a hipótese da existência do cilindro. Para isto, primeiramente os inspetores fazem medidas com simples detectores de gama e nêutron para eliminar a hipótese de um cilindro sem blindagem atrás dos painéis. Para detectar o possível cilindro blindado (que teria respeitáveis dimensões) foi desenvolvido um método baseado no fato que se o cilindro estiver blindado ele também deteria os nêutrons que atravessassem os painéis. Colocando-se uma fonte de nêutrons de um lado e o detector do outro esta hipótese é eliminada. Este método já foi extensivamente discutido em congressos mundiais e, em sua formulação, teve participação de pesquisadores brasileiros, argentinos, da AIEA e de americanos. Nunca surgiram contestações sérias ao método.

Alegam alguns que o problema é ser ele excessivamente trabalhoso e demorado. Aplicá-lo em uma instalação de porte comercial seria inviável. No entanto, para a quantidade instalada em Resende não há problemas em usá-lo.



Na figura vemos, à esquerda, um trecho do painel só com as centrífugas que seria praticamente transparente a nêutrons. No lado direito é representado um possível cilindro cujas radiações próprias estariam contidas nas blindagens mas que seria detectado por medições de transmissão. A fonte e o detector são instalados pelos inspetores e posicionados em locais sorteados do painel.

11 – Usinas Nucleares ¹⁶

11.1 - A Satisfação de quem ajudou a viabilizar a obra - o homem da radioatividade

Jair Albo Marques de Souza não participou da construção das usinas, não foi *homem de canteiro*, como ele mesmo diz, mas a sua participação foi essencial para a viabilização do projeto nuclear brasileiro. Formado em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o atual consultor da Área de Planejamento e Meio Ambiente da Aben iniciou sua trajetória nuclear em 1965 ao fazer um curso de mestrado em

¹⁶ BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000.

engenharia nuclear montado por seu professor de graduação, Silvío Freitas, em convênio com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Após o curso, os alunos eram encaminhados para o curso de engenharia nuclear no Instituto Militar de Engenharia (IME), no Rio de Janeiro. Nesta cidade, Albo testemunhou racionamentos e apagões generalizados, devidos a inundações das usinas da Light. Foi quando começou a se preocupar com o planejamento elétrico, percebendo-o como peça fundamental para o desenvolvimento da economia do país.

Em 1967, foi trabalhar na CNEN, onde participou da formação do primeiro grupo de planejamento da Comissão. No início do ano seguinte, esse mesmo pessoal formou um grupo de trabalho misto com participação do setor elétrico com o objetivo de analisar a possibilidade de se implantar no Brasil uma usina nuclear. Atendendo às recomendações do relatório elaborado pelo grupo, o governo brasileiro, no ano seguinte, decidiu construir Angra I e delegava a Furnas, subsidiária da Eletrobrás, a responsabilidade pela obra.

No final daquele ano, Jair Albo foi se especializar no Imperial College of Science and Technology da Universidade de Londres e trabalhar na área de otimização de projetos. De volta à CNEN em 1971, Albo participou da criação da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), que realizou estudos sobre a oportunidade de implantação de mais usinas no país e sobre a capacidade da indústria nacional na produção de equipamentos. “Esse trabalho serviu de base na negociação do contrato para Angra II, onde queríamos uma participação nacional em equipamentos de, no mínimo, trinta por cento”, lembra o engenheiro.

A CBTN se transformou numa grande empresa, a Nuclebrás — e passou para o âmbito do Ministério de Minas e Energia, com o objetivo de implantar o acordo com a Alemanha. Como chefe do Grupo de Planejamento, Albo participou da negociação de muitos contratos para as unidades 2 e 3, que iam dos equipamentos até o ciclo do combustível.

Na década de 1980, foi trabalhar na Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em Viena, na área de planejamento energético e formação de pessoal. Lá, também coordenou vários cursos de expansão e otimização de sistemas elétricos

e de missões de planejamento energético a vários países em desenvolvimento. Sua volta ao Brasil, programada para o final de 1986, foi adiada ao aceitar um convite para um cargo em nível diplomático na própria Agência. As novas atividades acabaram por colocá-lo frente a frente com um problema que viria a gerar muita polêmica nos anos seguintes: aquecimento global. "O nosso grupo foi praticamente, pioneiro em reviver o problema do efeito estufa. Começamos a discutir e escrever muito sobre as vantagens da energia nuclear dentro do contexto de evitar o aquecimento do planeta", lembra.

Ao voltar para o Brasil em 1988, Albo já tinha uma bagagem enorme na área ambiental. Depois de uma passagem pela INB, foi trabalhar na Nuclen, onde participou no grupo de planejamento do setor elétrico relacionado aos programas de expansão. Participou, ainda, do Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (Comase) e do Conselho de Energia da Associação Comercial do Rio de Janeiro.

"Eu tive uma participação indireta na retomada do projeto de Angra II", orgulha-se, "pois tanto o trabalho desenvolvido no Conselho de Energia da Associação Comercial do Rio de Janeiro quanto no Comase levaram ao conhecimento do setor elétrico e do público os benefícios da energia nuclear para a população e para o meio ambiente culminando, inclusive, com cartas ao Presidente da República e ministros mostrando a importância de Angra II para o Estado do Rio de Janeiro e o Brasil".

11.2 - A voz da experiência

No meio do turbilhão de atividades que envolveram a construção de Angra II, desde os estudos de viabilidade até os Testes de Partida — ou a fase de operação propriamente dita —, coube ao físico Ênio Magalhães Freire uma tarefa especial - e imprescindível: a conciliação entre o velho e o novo. Tendo participado ativamente da implantação e operação de Angra I, ele utiliza sua experiência para dar suporte à formação e adaptação profissional das gerações mais novas de físicos, engenheiros, operadores e técnicos das usinas.

Funcionário de Furnas desde 1974, Freire aposentou-se em 1997. O descanso, no entanto, foi curto. Pouco tempo depois, ele foi convidado pela Eletronuclear a voltar ao batente, desta vez no projeto da nova usina. A empresa, que passara um longo período sem poder fazer novas contratações, deixou de preencher as vagas que iam sendo criadas em Angra I com a aposentadoria de seus técnicos e, desta forma, não dispunha de quadros em número suficiente para formar a equipe de operação de Angra II. A solução foi chamar de volta alguns técnicos aposentados, como Freire.

Em mais de 20 anos de trabalho nas usinas, Freire participou de diversas experiências importantes. Para ele, um dos momentos mais marcantes foi a sincronização de Angra I à rede elétrica, em 1º de abril de 1982. Ele também se emocionou quando foi feita a primeira ligação de Angra II à rede elétrica, embora ainda em fase de testes funcionais, sem combustível nuclear. "É uma sensação indescritível de objetivo cumprido", explica.

Outro momento importante foi o recebimento do primeiro container com os elementos combustíveis de Angra II. A operação foi integralmente executada pela nova geração de físicos, engenheiros, químicos, técnicos e operadores da Eletronuclear, sob sua supervisão.

O profissionalismo em primeiro lugar

Em 1974, Pedro Figueiredo chegou a Angra dos Reis com uma tarefa: montar a estrutura de operação da usina nuclear Angra I, que estava sendo construída. Hoje diretor de Operação da Eletronuclear, ele se divide entre Angra dos Reis - onde mora até hoje - e a sede da empresa no Rio, onde fica dois dias por semana. Sob sua responsabilidade, está toda a operação das usinas, o que inclui a área de monitoração ambiental.

Embora as exigências do cargo incluam inúmeras tarefas administrativas, ele faz questão de não se considerar um burocrata. "Sou um operador e como tal sou visto pelos técnicos e engenheiros", afirma. Com 30 anos de experiência profissional, Figueiredo ocupou todas as posições nas usinas. Sua equipe também é composta por profissionais que cresceram nas usinas.

“A minha equipe é totalmente profissional. Não tem ninguém indicado por políticos, etc. Do mais humilde ao superintendente, todos eles ralaram bastante, como se diz na gíria”, orgulha-se.

Um dos grandes desafios enfrentados por Figueiredo foi o carregamento de combustível de Angral, em 1981. “Em Angra I, a partida dos testes foi feita por Furnas, que era a proprietária da usina. Nós tínhamos a responsabilidade de colocar a usina em funcionamento. Hoje, essa responsabilidade é da Siemens, que nos entrega a usina testada, em condições de operar”, explica.

Outro desafio enfrentado na partida de Angra I foi o ineditismo da operação. “Nós não tínhamos nenhuma experiência nuclear. Nosso conhecimento era de operação de usinas térmicas”, lembra Figueiredo. Hoje, embora conte com novos operadores, técnicos e engenheiros, a equipe de operação de Angra II tem pelo menos 20 anos de experiência. “Isso nos dá uma certa tranqüilidade, embora Angra II seja uma usina muito mais moderna e automatizada e, portanto, menos sujeita à interferência humana”, completa.

Hoje, o desafio do diretor de Operação é manter junto à nova geração de técnicos o mesmo padrão de segurança e profissionalismo cultivados nesses 20 anos de tabalho. “É, na verdade, uma postura diante do trabalho. O homem que trabalha na usina nuclear precisa colocar acima de tudo o seu profissionalismo, a sua competência e a qualidade do serviço. Todas as suas ações precisam ser feitas com muita atenção e seriedade. O defeito é sempre fruto de um erro humano: ou alguém projetou errado, ou montou errado, ou está operando errado. Então, o fator humano é a coisa preponderante”, afirma.

As Usinas Nucleares de Angra I e Angra II fazem parte da chamada Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Angra I entrou em operação em 1985 e gerou desde então, com 657MW de potência mais de 23 milhões de MWh. Angra II, com capacidade para 1309 MW, já está em operação e funciona com capacidade máxima desde janeiro de 2001.

Foi construída numa bela enseada batizada pelos índios que viviam na região com o nome de “Itaorna” que em tupi-guarani quer dizer “pedra-podre”, provavelmente devido aos comuns deslizamentos de terra que ocorrem em toda região no período das chuvas.

Num destes deslizamentos, há muitos anos, muito próximo ao complexo, um morro inteiro deslizou até o mar levando consigo um laboratório da Usina. A ponte construída uma curva antes de Itaorna (para quem vai do Rio em direção a Santos) foi construída no local onde existia o morro.

Defensores ecológicos afirmam ter sido inapropriado o local da construção da Central. A Eletronuclear defende-se informando que Itaorna foi alvo de muitos estudos e o principal fator determinante da instalação das 8 Usinas Atômicas (que foi a previsão inicial do projeto nuclear brasileiro) num dos pontos mais bonitos do litoral do país foi a proximidade quase equidistante dos 3 centros urbanos: Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte.

Outra preocupação das entidades defensoras da ecologia, é que a água do mar usada para resfriar o reator das Usinas, apesar de não oferecer perigo de contaminação radioativa, aquece em alguns graus a água de uma grande região em volta de Itaorna. Isto estaria afetando o ecossistema do local.

Angra II - funcionamento

A Usina Nuclear Angra II, com reator Siemens a Água Pressurizada, tem potência elétrica de 1300 MW. A Eletronuclear, uma associação brasileira com a Siemens, utiliza este tipo de reator como base de projeto das usinas nucleares do Programa Nuclear Brasileiro.

O reator é a parte da usina nuclear onde o calor é gerado pela fissão de núcleos atômicos, sendo utilizado para a produção de vapor. O vapor aciona um conjunto turbina-gerador elétrico. Assim, este sistema nuclear gerador de vapor equivale às caldeiras de carvão, a óleo combustível ou a gás das usinas termoelétricas convencionais.

O Reator à Água Pressurizada utiliza água leve para a remoção do calor gerado pela fissão nuclear e para a desaceleração (moderação) dos neutrons - partes constituintes do núcleo atômico liberados no processo da fissão nuclear. A água é desmineralizada e tratada quimicamente para torná-la um meio refrigerante apropriado para o reator.

A pressão e a temperatura operacionais do sistema de refrigerante do reator são ajustadas de tal maneira que o refrigerante não evapore, aproveitando-se assim o intenso poder de refrigeração da água pressurizada.

O refrigerante é bombeado através do reator e dos geradores de vapor (sistema primário) por meio de 4 circuitos de refrigeração paralelos, mediante bombas de circulação acionadas por motores elétricos.

A água de alimentação introduzida no lado secundário do gerador de vapor (GV) absorve o calor transferido do lado primário e se evapora. O vapor saturado assim gerado é conduzido até a turbina, acionando-a; após condensação nos condensadores, retorna aos geradores de vapor sob a forma de água de alimentação.

O reator a água pressurizada de Angra II trabalha com 4 circuitos térmicos independentes. O sistema de refrigeração do reator está isolado do circuito água/vapor da turbina (sistema secundário) pela interposição dos geradores de vapor (GVs). Conseqüentemente, nenhuma radioatividade pode passar do sistema de refrigeração do reator para o circuito da turbina. As instalações de conversão da energia do vapor em energia elétrica não são, portanto, essencialmente diferentes daquelas das usinas termoelétricas convencionais.

Desde a inauguração oficial de Angra II, no mês de julho de 2001, a utilização da energia nuclear no Brasil voltou a ser tema freqüente na imprensa. Além da antiga polêmica em torno do custo de construção da usina (mais de R\$ 10 bilhões, sendo quase R\$ 7 bilhões de juros), cientistas apontam a necessidade de o país investir em pesquisa e formação especializada nessa área. “Há quinze anos tínhamos mais pessoas preparadas para lidar com energia nuclear do que agora”, afirma [Anselmo Paschoa](#), ex-Diretor de Rádio-proteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e professor da PUC-Rio.

Os mais céticos, como Luiz Pinguelli Rosa, vice-diretor da Coordenadoria dos Projetos de Pós-graduação em Energia da UFRJ (Coppe), dizem que há alternativas a serem consideradas além da energia nuclear. “Apenas 25% do potencial hidrelétrico

do Brasil é aproveitado”, argumenta, em declaração à *Folha de S. Paulo* (23/07/00). Pinguelli ressalta que em Angra II, para cada quilowatt gerado, são investidos US\$6 mil, enquanto numa hidrelétrica essa relação é de US\$100/kW. O governo justifica a necessidade de construção de usinas nucleares para atender a uma demanda crescente, com projeção de déficit no suprimento de energia já em 2001.

A preocupação mundial em buscar fontes alternativas às convencionais (carvão, petróleo e hidrelétricas) baseia-se no caráter não renovável dos combustíveis fósseis, na tentativa de diminuição da emissão de gás carbônico (CO₂), no aumento da demanda por energia e na escassez, em alguns países, de recursos fósseis e hídricos.

Entre as alternativas para geração de energia em larga escala, a opção nuclear é a de maior custo por causa dos investimentos em segurança dos sistemas de emergência, do armazenamento de resíduos radioativos e do descomissionamento (desmontagem definitiva e descontaminação das instalações) de usinas que atingiram suas vidas úteis. A energia gerada pela recém inaugurada Angra II, por exemplo, terá um custo de R\$ 45,00 por MW/h em contraposição aos R\$ 35,00 por MW/h da energia fornecida por uma hidrelétrica.

O longo e custoso processo de implantação das usinas nucleares no Brasil revela o gerenciamento inadequado desta alternativa, fato que aquece ainda mais o debate brasileiro. Angra II, por exemplo, teve seu custo triplicado devido aos juros pagos e à sua manutenção. O único ponto favorável talvez seja o fato de que a Siemens, fabricante da maior parte dos equipamentos da usina, atualizou continuamente a tecnologia a partir dos avanços técnicos realizados nesta área na Alemanha. Desde 1976, a empresa forneceu o equivalente a US\$1,27 bilhões em equipamentos e serviços.

Segundo Kleber Cosenza, superintendente de operação da Eletronuclear, a possível construção de Angra III teria um custo menor, em torno de R\$2,5 bilhões, pois boa parte do equipamento foi comprado junto com o de Angra II. Destes, já foram gastos R\$1,3 bilhões em equipamentos comprados com os de Angra II,

na década de 80. Eles representam 60% do que é necessário para a usina e estão estocados no Brasil e na Alemanha.

Além do custo, um dos fatores apontados é o baixo aproveitamento dos recursos hídricos no Brasil.

Segundo a Eletronuclear, o objetivo desta fonte alternativa não é o de concorrer, a curto prazo, com as hidrelétricas, e sim o de complementar e diversificar este sistema. Um dos fatos que atestam a necessidade de investimentos em fontes alternativas de energia é a baixa capacidade de expansão da produção hidrelétrica no sudeste, região de maior consumo do país. As usinas nucleares de Angra podem estabilizar o fornecimento para a região e diminuir riscos de blecautes.

No caso dos recursos hídricos, a maior parte deles concentra-se na região Norte/Amazônia (70%) e Centro Oeste (15%). A exploração deste potencial apresenta inúmeros inconvenientes, como o alto custo de transmissão da energia e o prejuízo ambiental que acarretará. Ao já conhecido impacto sofrido pela população e pelo ambiente nas regiões inundadas, somam-se recentes estudos que apresentam inesperados problemas ocasionados pelas hidrelétricas. A tese de doutoramento de Marco Aurélio dos Santos em Ciências e Planejamento Energético (UFRJ-Coppe) é um desses estudos. O trabalho, *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas*, foi defendido em março de 2001 e demonstra a liberação de dióxido de carbono e metano (gases causadores de efeito estufa) pela biomassa depositada no fundo dos reservatórios da hidrelétrica.

A energia nuclear, apesar de não colaborar para a emissão desses gases, precisa lidar com o incômodo problema dos resíduos radioativos, que requerem uma solução para o armazenamento a longo prazo e investimentos em segurança, além de implicarem no fantasma de um acidente nuclear.

Optar pela energia nuclear no Brasil tem como ponto favorável o fato de possuímos a sexta maior reserva mundial de urânio (cerca de 300 mil toneladas), suficiente para nos assegurar a independência no suprimento de combustível por muito tempo. Além disso, dois terços do território permanecem inexplorados quanto à presença do metal. No entanto, o Brasil ainda importa

o urânio enriquecido (necessário para se fazer o elemento combustível), embora a tecnologia para o enriquecimento já seja aplicada no país, em escala laboratorial, para a produção de combustível de reatores de pesquisa.

Fontes renováveis de energia, como vento, energia solar e biomassa, freqüentemente são apontadas pelos ambientalistas como uma alternativa que merece maior atenção. A grande preocupação de grupos como o Greenpeace com a energia nuclear é o risco de acidentes. As fontes alternativas, no entanto, não são capazes de fornecer energia em larga escala e têm a desvantagem de serem dispersas, não fornecerem energia de forma contínua e necessitarem de uma grande área para sua implantação.

Um dado importante é o crescimento da utilização de energia nuclear no mundo, nas últimas décadas.

11.3 - O Brasil tem competência para construir Angra III Sozinho

Planos para Angra III¹⁷

Ao visitar o canteiro de obras da usina Angra I, há mais de 25 anos, o engenheiro José Eduardo Costa Mattos não imaginava o que aquela visita significaria na sua vida profissional. Pernambucano, formado em Engenharia de Construções e Fortificações pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), ele havia participado da construção da Usina de Sobradinho e buscava uma oportunidade de trabalho. Quatro dias depois, era contratado por Furnas e, desde então, participou ativamente da implantação das duas usinas.

De 1976 a 1985, Costa Mattos trabalhou na estruturação e montagem da primeira usina, até que esta entrasse em operação comercial. A proximidade de Angra II fez com que ele também se envolvesse com a segunda usina. “As duas usinas formavam um canteiro de obras único. Portanto, era natural que quem participasse de uma tivesse contato com a outra”, explica. A partir de 1989, passou a se dedicar com mais intensidade ao novo projeto. No entanto, a semi-paralisação das obras levou-o

¹⁷ BRASIL NUCLEAR, ano 8, número 22, jan-mar 2001.

a se afastar temporariamente, indo trabalhar em Brasília, como secretário-adjunto dos Transportes. Em 1993, com a retomada do projeto de construção da usina, ele estava de volta a Angra como chefe do canteiro de obras.

Costa Mattos orgulha-se de ter participado do projeto desde o início, das dificuldades às conquistas. Além da realização profissional, ele demonstra grande satisfação com as experiências vivenciadas no período, algumas inusitadas, como a inspeção do túnel que conduz a água para refrigeração da usina. Em 1983, com mais quatro técnicos, ele entrou no túnel levando diversos apetrechos como uma bateria extra para a luz, um motor adicional para o barco em que estavam e... um passarinho. O pequeno animal estava ali para testar a existência de gases tóxicos no túnel. Se houvesse vazamento, o passarinho seria o primeiro a ser contaminado. “Felizmente, tudo acabou bem e o passarinho voltou são e salvo para o seu dono”, lembra.

A desenvoltura para contornar situações delicadas lhe foi muito útil durante a visita de um grupo de índios tupis-guaranis à usina. Uma equipe de televisão do Rio de Janeiro acompanhava a visita. “Os índios moravam em Bracuhy, a 30 km de Angra e estavam assustados. Para acalmá-los, eu iniciei a minha exposição empregando algumas palavras em tupi, que me eram sopradas pelo pajé. Em determinado momento, consegui formar uma frase inteira. Quando acabou a explicação, a repórter da TV me perguntou se eu falava a língua dos índios. Tinha acabado de aprender...”, brinca Costa Mattos.

Para o economista e escritor Jonathan Tennenbaum, o Brasil não deve atrelar o projeto de construção de sua nova central nuclear à tecnologia e financiamento externos. Segundo ele, por ter concluído Angra II e já dominar o ciclo do combustível, o Brasil tem condições de realizar esta obra de forma totalmente autônoma e independente, o que o coloca em uma posição vantajosa nas negociações com os países detentores de tecnologia, como a Alemanha. Norte-americano, Tennenbaum é doutor em Matemática pela Universidade da Califórnia, tendo lecionado em universidades de diversos países. Atualmente, vive na Alemanha, onde é o diretor-científico da

Fusion Energy Foundation, uma entidade não-governamental que funciona como fórum de discussão de questões energéticas e tecnológicas, e também edita a revista Fusion. Por conta destas atividades, Tennenbaum especializou-se em política científica e tecnológica internacional. É, também, um estudioso da obra do filósofo, matemático e cientista Leibnitz, um dos fundadores da ciência econômica e considerado o pai da ciência e tecnologia na Alemanha. Poliglota, ele fala seis idiomas e meio (além do inglês, domina o francês, o alemão, o dinamarquês, o russo e o chinês). “O meio é por conta do espanhol, uma língua na qual não sou fluente”, diz bem-humorado. Na verdade, pode-se dizer que Tennenbaum fala sete idiomas, uma vez que ele também entende a língua portuguesa, com a qual vem se familiarizando em suas várias visitas ao Brasil. A última foi em outubro passado para participar do VIII CGEN – Congresso Geral de Energia Nuclear – e lançar a versão brasileira do seu livro “Energia Nuclear: uma Tecnologia Feminina”. O livro mostra os trabalhos de cientistas como Marie Curie, ganhadora dos Prêmios Nobel de Física e de Química, por suas pesquisas pioneiras com o rádio e o polônio, e Ida Noddack, primeira a levantar a possibilidade da fissão nuclear. Na ocasião, Tennenbaum deu esta entrevista a Vera Dantas, de Brasil Nuclear.

Transcrevemos, abaixo uma entrevista de Tennenbaum.

O que o levou a escrever sobre a participação feminina na energia nuclear?

Eu busquei um ponto de vista novo para contar a história do desenvolvimento da energia nuclear. Eu procuro mostrar que ao mesmo tempo em que surge a revolução do átomo e da radioatividade, está em curso uma outra dramática revolução, esta de caráter social: a emancipação feminina. Aquele foi o primeiro momento no qual as mulheres puderam estudar, entrar na universidade. E muitas delas incentivadas pelas experiências de Marie Curie, dedicaram-se ao estudo da radioatividade.

Como o sr. vê a situação da energia nuclear no Brasil?

Com muito otimismo. O Brasil acaba de concluir uma usina nuclear, um feito que não tem sido muito comum no mundo hoje em dia. Eu considero a conclusão de Angra II como um dos primeiros eventos daquilo que eu chamo de renascimento da energia nuclear.

O que vem a ser o renascimento da energia nuclear?

Logo após a Segunda Guerra, o mundo experimentou um período de grande desenvolvimento. Foi uma época marcada por muitos investimentos em obras de infra-estrutura e na qual a energia nuclear era vista como uma tecnologia importante para o futuro da humanidade. Os Estados Unidos criaram o programa Átomos para a Paz e os países europeus construíram diversas centrais nucleares.

No entanto, a partir da segunda metade da década de 60, esse cenário começou a mudar: os países desenvolvidos reduzem seus investimentos em infra-estrutura; a especulação financeira domina os mercados; os países em desenvolvimento começam a se endividar; surge o movimento ambiental na esteira da contracultura; e a energia nuclear, cuja aplicação exige investimento intensivo de capital, começa a ser vítima de uma campanha de difamação. Hoje, vive-se uma situação muito crítica, marcada pelo desbalanceamento do desenvolvimento econômico e pelo crescente abismo entre os países ricos e o terceiro mundo. Os investimentos em infra-estrutura diminuiriam ainda mais. Na área energética, vemos o abandono da premissa – que serviu de base para o planejamento dos sistemas elétricos de diversos países, o Brasil dentre eles – de que a expansão dos parques geradores deveria manter-se um ou dois pontos percentuais acima das taxas de crescimento do PIB.

Com isso, os investimentos na construção de centrais nucleares foram abandonados?

Sim, a crise da energia nuclear está intimamente ligada a esse cenário de desinvestimento na economia real e da explosão das bolsas de valores e da economia virtual. A tecnologia nuclear

é intensiva em capital, exige investimentos em largo espaço de tempo, enquanto que a tendência hoje, na “nova economia”, é a especulação e o investimento de curto prazo. Ou seja, se eu posso triplicar meus ganhos na Bolsa de Nova York, porque iria investir em energia nuclear?

Nesse quadro, o que o leva a acreditar no renascimento da energia nuclear?

É que existem duas realidades mundiais: uma, especulativa e outra, do desenvolvimento real. Países asiáticos, como a China e a Índia, cada um com mais de um bilhão de habitantes e que possuem quase metade da população mundial, estão empenhados no desenvolvimento real, investindo pesado em programas de infraestrutura. E, para sustentar esse programa de desenvolvimento, precisam de energia. A China não tem dúvidas de que precisa da energia nuclear.

Qual a vantagem da geração nucleoe elétrica para a China?

A China tem uma população de 1,3 bilhões de habitantes. Se ela fosse basear o seu sistema elétrico em usinas a carvão, iria precisar de quantidades fantásticas desse combustível, cerca de um bilhão de toneladas por ano. Todo o sistema viário chinês ficaria comprometido com o transporte desse carvão. Ou seja, do ponto de vista da eficiência energética, o país estaria comprometendo com o carvão toda a sua infraestrutura de transporte. Não sobraria estrada ou ferrovia para outra coisa, a não ser transportar carvão.

Como o sr. vê a iniciativa do governo alemão de parar com os investimentos na área nuclear e desativar suas usinas? E sobre a possibilidade da Alemanha vir a interromper o acordo tecnológico com o Brasil?

O mundo real – não o virtual – precisa de energia. Por uma estranha ironia, a Alemanha é um país que detém a tecnologia nuclear, depende da exportação dessa tecnologia para os

países em desenvolvimento, e decide abrir mão dela. Isso é causado por dois fatores. Um é a força política do Partido Verde, com suas posições muito radicais e que eu considero um tanto enlouquecidas. Os verdes têm defendido o fim do serviço militar obrigatório na Alemanha e, ao mesmo tempo, brigaram pela participação da força aérea alemã no bombardeio da Iugoslávia. Foi a primeira vez, desde a Segunda Guerra Mundial, que aviões alemães participaram de uma operação militar direta e externa, o que levou muita gente, na Alemanha, a acreditar que o Partido Verde é, na realidade, o Partido da Otan. O outro fator do recuo do governo alemão em relação à energia nuclear é a interferência política externa, especialmente dos EUA.

A decisão alemã foi fruto de influência norte-americana?

De certa forma, sim. Na realidade, a Alemanha está seguindo a política norte-americana de desregulamentação dos serviços de energia elétrica. Tanto é assim que, alegando haver excesso de oferta de energia no mercado, uma grande concessionária alemã anunciou o desligamento de várias usinas, incluindo uma nuclear, num volume total de 5 mil megawatts.

A grande ironia dessa situação é que os Estados Unidos estão às voltas com uma grande crise de fornecimento de energia. Regiões como a Califórnia têm sofrido com blecautes e muitas empresas já falam em deixar o estado. Ao mesmo tempo, o preço da energia elétrica subiu 40%. Trata-se de uma contradição, uma vez que a política de desregulamentação do mercado de energia elétrica tem como alicerce básico a redução do custo da eletricidade

O sr. acredita ter havido alguma pressão política norte-americana nesta recente posição do governo alemão em relação ao acordo nuclear com o Brasil?

Eu não descarto essa hipótese. Não podemos esquecer que o Departamento de Estado norte-americano foi radicalmente contra o acordo nuclear Brasil-Alemanha, tendo protestado veementemente naquela época, em 1975. Além disso, os verdes alemães sempre

foram ligados ao Departamento de Estado americano.

Dentro desse cenário, volto a lhe perguntar como o sr. vê o futuro do setor de energia no Brasil?

Depende de como o Brasil vai se posicionar em relação à terrível crise financeira mundial que está para chegar e que terá como epicentro os Estados Unidos. Houve um crescimento, sem precedentes, de 30% na emissão de moeda por parte do banco central americano nos últimos seis anos, cuja origem está no imenso endividamento da economia do país como um todo. Se somarmos a dívida pública, a dívida individual e a dívida das corporações e dividirmos pelo total da população norte-americana, chegaremos ao assombroso número de 100 mil dólares por habitante. Trata-se de uma dívida impagável. Essa enorme crise financeira terá efeitos no mundo inteiro e os governos e as instituições poderão reagir a ela de duas formas. A primeira é se submeter ao caos geral. A segunda é adotar medidas para proteger e revitalizar as economias nacionais, que incluem, com certeza, a ativação de grandes projetos de infra-estrutura nas áreas de energia, transporte, telecomunicações, saúde, educação e água.

O Brasil estaria no segundo caso?

O Brasil é um país gigante e continental com uma demanda enorme por infra-estrutura. Ao mesmo tempo, possui uma sólida base industrial, científica e tecnológica que lhe permite desenvolver projetos auto-sustentáveis em diversos segmentos. Se os recursos e investimentos do país forem direcionados para suas necessidades reais, para a economia real, o Brasil não terá problemas no futuro.

Como o sr. vê o projeto de construção da usina Angra III?

Trata-se de um projeto muito importante e esta é uma oportunidade que não pode ser desperdiçada, uma vez que o país acabou de concluir uma nova usina e deve aproveitar o momento

para não perder o ritmo. Eu acho que a construção de Angra III deve ser um compromisso nacional, em qualquer hipótese.

Mesmo se a Alemanha suspender o acordo com o Brasil?

Eu acho um erro vocês dizerem que se os alemães ou qualquer outro país ajudarem, então farão a usina. Se vocês começarem a falar assim, provavelmente não terão suporte de nenhum país. Mas se, ao contrário, disserem com firmeza que vão concluir Angra III de qualquer maneira, provavelmente descobrirão que será mais fácil negociar com a Alemanha ou com qualquer outro país. E os alemães vão querer participar desse projeto. Neste momento histórico, em que muitos países e instituições estão totalmente paralisados, o que vale é tomar a iniciativa.

Qual a mensagem que o sr. gostaria de passar para a comunidade nuclear brasileira?

Eu quero me congratular com a comunidade nuclear brasileira por não ter desistido desta difícil luta pela construção de Angra II. Sem o comprometimento dos profissionais da área nuclear, não haveria Angra II. A comunidade nuclear na Alemanha não é tão lutadora quanto a brasileira e, por conta disso, o setor nuclear alemão está sendo virtualmente desmontado, acabado. A América Latina precisa de novos projetos de infra-estrutura e Angra III é um deles. Se não houver parceiros, façam sozinhos. O Brasil tem condições de construir uma nova usina nuclear de forma totalmente autônoma e independente.

11.4 - Angra III: agora ou nunca¹⁸

Os motivos para a implantação imediata da Usina Nuclear Angra III são evidentes sob diversos aspectos. Fora o aumento na geração de energia elétrica, que beneficiará todo o sistema elétrico

¹⁸ Angra III: Agora ou Nunca. Wagner Granja Victor, Jornal do Brasil, Cad. *Opinão*, 17.12.2004

interligado das regiões Sudeste e Centro-Oeste, contribuindo para a diversificação de nossa matriz, a construção de Angra III irá resultar em diversos benefícios econômicos para o Estado do Rio de Janeiro e para todo o país. Dentre estes benefícios destacam-se os cerca de 6 mil novos postos de trabalhos que serão criados na região Sul do estado e a consolidação tecnológica, portanto estratégica, do domínio de todo o ciclo de geração nuclear no país.

Na linha de diversificação da matriz energética, vale ressaltar que diversos países desenvolvidos, como França (77%), Espanha (34%), Inglaterra (27%), Alemanha (29%) e Japão (31%), Estados Unidos (21%), têm, percentualmente, cerca de cinco vezes mais geração nuclear do que o Brasil. Afinal, nosso país, contando com as três usinas em funcionamento, terá pouco mais de 4,5% de sua matriz baseada na energia nuclear.

Quanto ao ciclo nuclear de abastecimento de matéria-prima para a usina, o Brasil possui grandes reservas de urânio já em extração, em Caetité, na Bahia. Além disso, o país tem cobiçada capacitação para a produção do combustível necessário nas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), em Resende, Rio de Janeiro, que atualmente é objeto de tentativas condenáveis de “fiscalização” da Agência Internacional de Energia Atômica (Aiea), sob forte pressão americana, e que só ganhará escala econômica com a entrada em operação de Angra III, demonstrando o caráter estratégico deste empreendimento.

Outro aspecto importante, com reflexos positivos para o mercado consumidor de energia elétrica, é que estas usinas são uma fonte de geração de energia de base térmica sem o “impacto cambial tarifário” historicamente imposto pelo gás importado da Bolívia. Vale destacar que somos contra a continuação, neste momento, do antigo programa brasileiro de geração elétrica nuclear, com construção de novas usinas que devem ser temporariamente suspensas com a implantação de Angra III. Não construir a usina de Angra III, no entanto, literalmente se transformará no ato de “jogar dinheiro fora” mais marcante da história recente de nosso país, pois já existem cerca de US\$ 750 milhões em equipamentos comprados e mantidos há mais de uma década, representando custos anuais da ordem de US\$ 20 milhões, que praticamente irão

para o “lixo” com a não execução do projeto.

Vale lembrar que os custos complementares da usina, cerca de US\$ 1,8 bilhão, foram auditados por tradicionais empresas internacionais como Iberdrola (Espanha) e EDF (França).

Além disso, os investimentos complementares serão feitos em sua maioria em reais, utilizando a engenharia e indústria de base brasileira, que ainda está mobilizada em virtude do término recente de Angra II, uma cópia quase fiel de Angra III e que funcionará como uma maquete de tamanho real, reduzindo, por isso, os tradicionais riscos de construção normalmente existentes em empreendimentos deste tipo.

O envolvimento decisivo do ministro de Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, do ministro de Coordenação Política, Aldo Rebelo, e da ministra Dilma Rousseff, de Minas e Energia - tive o prazer de recebê-la em 1999 ainda como secretária de Energia em visita à Usina de Angra II, quando nos apoiou integralmente nesta luta -, são apoios fundamentais que demonstram que os preconceitos e indefinições do passado serão realmente coisa do passado, até porque tal decisão de cancelamento, se tivesse que ter sido tomada, já deveria ter acontecido há pelo menos alguns anos, evitando o desperdício de dezenas de milhões de dólares em manutenção dos equipamentos já adquiridos.

Portanto, são essas as razões que nos levam à certeza da aprovação do projeto Angra III até o final deste ano, em uma demonstração de que a questão nuclear brasileira, não será somente um motivo de indignação por conta dos interesses pouco confessos da tão divulgada *fiscalização* que o governo federal corretamente busca evitar.¹⁹

AGORA, ANGRA III²⁰

Esta pode ser considerada uma edição especial de Brasil Nuclear. Coroa um trabalho de quase sete anos, voltado para a mudança da imagem da energia nuclear em nosso País e, assim, arregimentar o apoio social e político necessário à conclusão das

¹⁹ Wagner Vítter é secretário estadual de Energia, da Indústria Naval e do Petróleo do Estado do RJ.

²⁰ BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000.

obras de Angra II. Por isto mesmo, é uma edição dedicada à usina que, na primeira quinzena de agosto de 2004, já estará operando a pleno vapor (literalmente).

Foram 17 anos de espera. Um atraso que nos custou muito caro, provocado menos pelas vicissitudes da economia brasileira nas duas últimas décadas e, muito mais, pela ação de lobbies internacionais que, aproveitando aquelas vicissitudes, tudo fizeram para atrapalhar a caminhada de nosso País rumo ao completo controle do ciclo do combustível nuclear. Como certa vez declarou o ex-ministro Renato Archer, em entrevista à *Brasil Nuclear* nº 3 (agosto de 1994), “o verde anti-nuclear é o dólar”. Isto é, sob a capa de simpáticas, mas raramente racionais, causas ambientalistas, ocultaram-se forças diplomáticas e empresariais não-brasileiras que, no fundo, apenas davam seqüência a pressões antigas, vindas desde a década 50, para nos manter longe do conhecimento desta tecnologia de ponta, indutora de desenvolvimento científico e industrial.

Com a entrada em operação de Angra II, virtualmente cumpre-se a essência do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha (acordo negociado por um outro grande ausente, o embaixador Paulo Nogueira Baptista), cujo objetivo era o de romper a nossa dependência no emprego da energia nuclear para fins energéticos pacíficos. Embora o seu grandioso plano de dotar o Brasil com até oito usinas tenha sido abandonado, o escopo maior do Acordo, quanto ao domínio da tecnologia, está incontestavelmente realizado e consagrado. Nosso país domina totalmente o ciclo do combustível, tem elevada competência para construir as usinas, grande capacidade para fornecer os equipamentos básicos e, até como resultado dos problemas que fomos forçados a resolver em Angra I e dos ocasionados pelos atrasos em Angra II, sabe, como poucos, corrigir erros dos projetos dos outros, consertar instalações defeituosas e manter em excelente estado equipamentos que precisam ser guardados por muitos anos, até que obstáculos políticos sejam vencidos e as obras de uma usina possam ser concluídas. Sem falar que, se há males que vêm para bem, 17 anos de atraso acabaram possibilitando aos técnicos brasileiros estudarem as causas e conseqüências dos desastres de Three

Miles Island e Chermobil, deles extraindo ricos conhecimentos, muito bem aplicados na segurança de Angra II.

Mas, ao longo desses anos, não foi apenas no domínio das tecnologias ligadas ao ciclo do combustível e à geração nucleoeleétrica que o nosso País avançou. Enquanto o Brasil se acostumou a chorar décadas perdidas, no setor nuclear, apesar da falta de recursos, da parca divulgação e de outras dificuldades, nossos cientistas e pesquisadores vêm logrando obter extraordinários resultados na medicina nuclear, na irradiação de alimentos, na aplicação da radioatividade no combate a pragas, na qualidade industrial, em muitos outros campos de maior interesse econômico e social, não esquecendo as aplicações ligadas ao estudo do nosso passado histórico que, hoje sabemos, remonta a muito mais do que meros 500 anos. Páginas de Brasil Nuclear têm servido para expor as dimensões e diversidade das aplicações nucleares e a qualidade da nossa ciência nuclear. Basta ler as cartas que recebemos, muitas das quais deixamos de publicar por absoluta falta de espaço, para ficar claro o quanto essas reportagens e artigos contribuíram para dar aos nossos leitores uma visão deste setor, muito distinta daquela que é vendida à sociedade em geral, por tecnóforos e falsos ambientalistas a soldo de países muito bem desenvolvidos, países estes que hoje se esmeram em monopolizar o progresso social e econômico, negando-se a distribuir suas conquistas e benesses aos outros povos do mundo.

Brasil Nuclear quando surgiu, visava exatamente assegurar aos brasileiros o acesso a uma outra informação sobre o setor nuclear, a uma outra exposição e visão dos fatos, distinta e, não raro, contraposta àquela que, então, se difundia com quase total exclusividade, pelos principais meios de comunicação. Brasil Nuclear demonstrou que furar um tal bloqueio é possível. O conhecimento que a sociedade brasileira tem hoje das realizações do setor nuclear, e o tratamento que a mídia dá, agora, a essas realizações, mesmo que ainda, algumas vezes, preconceituoso, já deixou de ser unilateral. Em boa medida por que esta revista, desde as suas origens, teve como preocupação, conforme escrevemos em nosso primeiro editorial (“A sabedoria dos sacerdotes”, Brasil

Nuclear nº 1), “atingir o leitor que, aparentemente, nada tem a ver com isso mas que, a toda hora, ouve falar sobre isso pela mídia e [...]. Não se surpreenda, pois, você, que não é do ramo: a partir de hoje, lhe enviaremos periodicamente Brasil Nuclear”. Ganhar você para a leitura das nossas reportagens, tornar nossos assuntos interessantes aos não iniciados, foi esta a nossa maior conquista. Uma conquista, sobretudo, a favor de todos os que se batem pelo acesso democrático e plural à informação.

Quem é você? Quem são nossos leitores? São professores das mais diversas disciplinas e graus de ensino, estudantes secundaristas ou universitários, médicos, advogados, militares, políticos, empresários, jornalistas, inclusive, claro, os profissionais do setor nuclear. São cerca de 10 mil pessoas, cujos nomes, endereços, profissões e, sobretudo, importância em suas atividades e meios profissionais, vieram sendo, ao longo destes anos, localizadas e identificadas pela Aben, e relacionadas para receber Brasil Nuclear. A estes 10 mil leitores, somam-se, com certeza, outros 30 a 50 mil. Ao contrário de tantas publicações “alternativas”, *associativas*, ou *classistas*, Brasil Nuclear não foi concebida para ser uma revista setorialista, exclusivista, corporativa, que somente fala do seu público, para o seu público, queixando-se da *incompreensão*, *indiferença*, *alienação* dos demais. Ela foi concebida exatamente para atingir milhares de anônimos ou menos conhecidos formadores e formadoras de opinião que, em seus ambientes de vida e trabalho, influenciam os muitos outros à sua volta. Assim fazendo, pôde furar o controle da informação exercido sobre você e sobre o geral da sociedade brasileira por parte de um reduzido número de grandes corporações midiáticas. E ajudou realmente a mudar os termos do debate nuclear brasileiro. Oxalá outros segmentos sociais e profissionais fizessem o mesmo. Estaríamos mudando os rumos não deste ou daquele setor, mas do próprio Brasil!

A ciência e a engenharia nucleares brasileiras seguem em frente. E Brasil Nuclear com elas. Construída Angra II, muito ainda há para fazer, até por que não se pára a construção de um País. Vem aí Angra III. Em entrevista, o ministro das Minas e Energia, Rodolpho Tourinho, garante que Angra III faz parte dos planos e

compromissos do governo. Claro! Não apenas a terceira usina tornará mais seguro e diversificado o nosso sistema energético, como também parte das obras já começaram, equipamentos essenciais já foram comprados e, sobretudo, não pode o Brasil se dar ao luxo de perder a extraordinária capacidade e competência técnica que o País reuniu e acumulou durante a construção de Angra II, tanto nas empresas estatais, quanto no setor empresarial privado. Chega de pagar o preço por tanto atraso! Marquemos um novo encontro, agora em 2006!

12 – Submarino Nuclear

12.1 – Programa nuclear da marinha

A Marinha, em parceria com o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-SP, desenvolveu a tecnologia de enriquecimento e está envolvida no seu aperfeiçoamento. A INB (Indústrias Nucleares do Brasil) possui capacitação e condições para industrializar o processo e torná-lo comercialmente viável.

Foram elaborados estudos pertinentes à quantidade de máquinas necessárias para a criação do primeiro módulo de enriquecimento, forma de fornecimento e instalação dos equipamentos, adaptações e possibilidade de expansões futuras. Já foram equacionados os detalhes técnicos, faltando, apenas, equacionar detalhes econômicos incluindo a garantia da continuidade dos recursos necessários à conclusão do projeto. O acordo já foi formalmente assinado entre as partes, e a unidade já foi implantada em Resende. (vide 2.7).

Com essa iniciativa, o Brasil deu um passo estratégico rumo à independência na área nuclear, passando a dominar uma das etapas mais importantes do ciclo do combustível, o enriquecimento isotópico do urânio por ultracentrifugação, o que também irá assegurar-lhe um lugar cativo no restrito rol de países que hoje executam esse processo.

O projeto prevê que, ao final de 4 anos a capacidade instalada da usina será da ordem de 16 mil UTS (Unidade de Trabalho de Separação), ainda longe das 200 mil UTS por ano necessárias

para abastecer Angra I (requer 66 mil UTS) e Angra II (134 mil UTS para cada recarga anual, sem contar as 270 mil UTS necessárias para o núcleo inicial de Angra III).

12.1.1 - Submarino Nuclear

De 1976 a 1978, amadureceu na Marinha a idéia de que o Brasil deveria se preparar para construir um submarino com propulsão nuclear, importante instrumento naval de dissuasão e defesa para a costa atlântica brasileira. Admitiu-se que seria indispensável a tecnologia própria, porque nenhuma grande potência a transferiria. Avaliado o cenário tecnológico nacional, a Marinha juntou-se ao IPEN (que dispunha de técnicos à margem do acordo com a Alemanha) no desenvolvimento do ciclo do combustível e do reator, tendo sido adotada a ultracentrifugação para o enriquecimento.

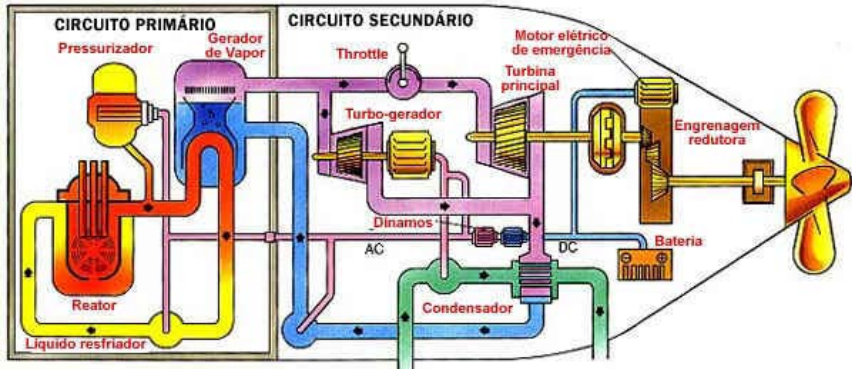
O projeto das ultracentrífugas especificamente começou a ser pensado em 1978 e iniciado de fato a partir de 1980.

Dominada a tecnologia do hexafluoreto de urânio a partir do minério de Poços de Caldas, em 1982 foi obtido o primeiro sucesso laboratorial de enriquecimento. Nos anos seguintes, foi projetado e construído um reator experimental, desenvolvida a conversão e iniciada a construção de um centro nuclear em Iperó (SP), onde estão sendo montadas as instalações industriais do ciclo do combustível e do protótipo de geração de energia.

A propulsão naval é um subproduto possível, mas não o único do programa, que se habilitará a realimentar seus reatores de energia e de pesquisa e a produzir usinas nucleares pequenas e médias. Trata-se de um extraordinário avanço tecnológico (talvez só *emparelhado* no Brasil pela PETROBRAS na tecnologia do petróleo em alto-mar e pela EMBRAPA em tecnologias agropecuárias tropicais).

Um submarino convencional dispõe de um gerador diesel e banco de baterias. O gerador diesel não está conectado diretamente ao sistema de propulsão. O sistema de propulsão de um submarino está ligado aos bancos de baterias e o gerador diesel recarrega tais baterias. Esta questão técnica implica uma jornada nos mares estar limitada ao combustível transportado e à vida útil das baterias.

No caso de um submarino nuclear, como mostrado abaixo, o sistema de propulsão está diretamente conectado aos circuitos de geração termonuclear.



(Ainda a ser construído em Aramar e que será instalado no submarino.)

De acordo com o Centro Tecnológico da Marinha, desde que o submarino começou a ser projetado, em 1979, já foram investidos cerca de US\$ 1.000 milhões. Outros R\$ 1.000 milhões estão previstos até a conclusão, totalizando aproximadamente US\$ 2 bilhões. Última previsão de conclusão, 2025.

Segundo o centro “a tecnologia aplicada no programa é inteiramente nacional e está sendo desenvolvida por brasileiros”, já que os países que a detêm (Estados Unidos, Rússia, França, URENCO [Reino Unido-Holanda-Alemanha], Japão e China) não a repassam. O projeto tem sido desenvolvido em parceria com entidades como IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), USP, UNICAMP, IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e Centro Aeroespacial.

12.1.2 - Uma longa história

Por volta de 1974, houve nova tentativa de se importarem centrífugas da Alemanha, pelo professor Hervásio de Carvalho e pelo embaixador Holanda Cavalcanti, mais uma vez frustrada

pela intervenção dos EUA, que classificou a tecnologia como estratégica, na medida em que poderia ser utilizada para confecção de bombas atômicas. Naquela mesma década, no entanto, começavam a se formar as bases do que mais tarde culminariam no desenvolvimento das ultracentrífugas brasileiras.

Tudo começou de forma despreziosa em 1972, nos EUA, durante um jantar na residência de Sérgio Porto, na ocasião professor da Universidade da Califórnia, em que participavam o coronel José Alberto Albano Amarante do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e Cláudio Rodrigues do IPEN, ambos na época, desenvolvendo estudos no Instituto Tecnológico da Califórnia.

Alguns meses depois regressaram ao país. Porto, fixando-se na UNICAMP (Universidade de Campinas), onde criou o Departamento de Eletrônica Quântica, e Amarante voltou para o CTA, onde deu início aos trabalhos que conduziram, anos mais tarde, à criação do Instituto de Estudos Avançados.

No Brasil ambos iniciaram gestões que resultaram em 1974, na assinatura de um convênio entre a CNEN, o CTA e a UNICAMP, dando-se início ao Programa de Separação Isotópica de Urânio por Laser (SEPISLA). Rodrigues retornou ao Brasil pouco mais tarde e, em 1976, criou no IPEN a Área de Processos Especiais integrando esse Instituto no programa.

Na verdade, o IPEN 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 ao desenvolvimento de tecnologias do ciclo do combustível nuclear, particularmente a de produção do gás hexafluoreto de urânio.

A partir de 1978, os trabalhos ganharam nova dimensão com a entrada da Marinha, que tinha interesse na propulsão nuclear. Rodrigues lembra que o contra-almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, “que acabara de chegar de um programa de pós-graduação na área nuclear, tinha noção clara da importância da tecnologia de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação, frente às tecnologias de difusão e jet-nozzle”.

Em 1982, o IPEN passou a ser gerenciado pela CNEN, na

época presidida pelo Prof. Rex Nazareth, e com mais recursos pôde concentrar-se mais fortemente nas atividades do ciclo do combustível, inclusive na área de enriquecimento isotópico de urânio. Permaneceram no estudo das centrífugas o IPEN e a Marinha, por meio da recém criada Coordenadoria de Projetos Especiais, COPESP. O grupo da UNICAMP, voltou-se para outra área e o CTA priorizou o seu envolvimento nos trabalhos de enriquecimento isotópico por laser.

No final de 1982, a parceria IPEN e COPESP registra a primeira experiência de enriquecimento isotópico de urânio com centrífugas construídas totalmente no Brasil e, desde então, houve uma sucessão de progressos nesse setor.

A contribuição do IPEN foi valiosa para o desenvolvimento desta tecnologia de ponta no país, embora reconheça que, a partir do final da década de 80, a Marinha bancou fortemente a continuidade deste desenvolvimento, em que se insere a criação do Centro de Aramar em Iperó, onde hoje já se enriquece urânio numa escala ainda pequena, mas suficiente, por exemplo, para alimentar os reatores nucleares de pesquisa do país.

12.2 - Submarino de propulsão nuclear²¹

12.2.1 - Precisamos de submarinos nucleares?

Essa pergunta geralmente é feita por aqueles que se opõem ao desenvolvimento do programa de energia nuclear no Brasil e, especial, contra a participação, nele, das Forças Armadas.

Perguntam onde está a delegação dada aos militares e, em especial, aos nossos Almirantes, para interpretar os sonhos (sic) de nossa sociedade; de onde vem a autorização para investir US\$ 1.496.150.000,00 para chegar-se ao primeiro submarino em operação, e mais US\$ 440.000.000,00 para cada submarino adicional?

Mas, ao mesmo tempo, perguntam se esses sonhos não estariam melhor interpretados por uma Marinha voltada para a segurança de nossas águas costeiras, entendendo-se aí funções de repressão ao contrabando e segurança da navegação e

²¹ Revista Militar Brasileira, maio 1988

dos navios. Está aí, exatamente, a contradição e a falta de conhecimento da atuação de nossa Marinha, também empenhada nessas missões, devendo-se realçar que o submarino nuclear as reforçaria. O Brasil, constitucional e tradicionalmente um país contrário a guerras de conquista, não pode abrir mão de meios dissuasórios para defender a sua soberania também no espaço marítimo, e o submarino nuclear, com certeza, será um meio extremamente importante para isso.

Não se pode negar o fator multiplicador da indústria nuclear como disseminador de novas tecnologias e técnicas, bem como na garantia e controle de qualidade da indústria, ao lado de outras atividades industriais.

Não se pode, além do mais, condenar, *a priori* e, irremediavelmente, os sonhos — aqui, sim, sonhos verdadeiros — da Marinha Brasileira de possuir submarinos nucleares, e nem deixar de aplaudir os resultados preliminares alcançados, sonhos esses que estão em consonância com aqueles que a Sociedade Brasileira deseja e luta por transformar em realidade.

12.2.2 -O submarino e o seu emprego

Para que submarino?

A estratégia naval emprega navios, submarinos e aeronaves fundamentalmente para:

- controlar área marítima, para usá-la em proveito próprio;
- impedir ou dificultar (no linguajar profissional, negar) o uso, pelo adversário, de área marítima, cujo controle ou não pode ser exercido (por falta de capacidade) ou não precisa sê-lo (por ausência de interesse); e
- projetar poder sobre terra, realizando bombardeio naval e aeronaval e o desembarque anfíbio.

A essas formas tradicionais de projeção foi acrescido o lançamento, por submarinos, de mísseis balísticos com ogivas nucleares; este artigo não o aborda porque ele não tem significado para o Brasil.

A literatura militar moderna costuma citar uma quarta tarefa

naval: a presença em áreas de alto interesse, para dissuadir atitudes hostis e estimular as favoráveis. Essa tarefa (hoje tão presente no Golfo Pérsico e outros locais) sempre foi praticada na História e não há razão para considerá-la separadamente porque a capacidade de executá-la é corolário natural da capacidade de executar as três tarefas clássicas.

Como se insere o submarino nesse quadro?

A principal característica do submarino é sua discrição ou capacidade de operar escondido. Essa característica é o fator que mais influencia a adequabilidade do submarino, como instrumento das tarefas citadas acima.

O controle de área marítima pressupõe superioridade e, para assegurá-la, a contribuição do submarino é coadjuvória ou complementar à dos navios, aviões e helicópteros (voando de terra ou embarcados). Ela se manifesta através do emprego do submarino contra navios (quando há disputa pelo controle) e na proteção contra submarinos que tentem perturbar o controle; ambos esses empregos são ajudados pela discrição do submarino.²²

Sob certas circunstâncias, o papel do submarino no controle de área pode crescer, sem prescindir dos navios e das aeronaves, principalmente se o adversário dispuser de aviação (contra a qual o submarino é útil apenas para detecção e alarme). No conflito das Malvinas, em 1982, os submarinos ingleses alijaram do cenário os navios de superfície argentinos (após o afundamento do Cruzador Belgrano, episódio de disputa pelo controle); entretanto, a supremacia naval assim obtida não teria bastado: o que permitiu a retomada das ilhas foi a capacidade da força de superfície e aeronaval inglesa de operar na área, a despeito do esforço aéreo argentino.

Abstraindo-nos do lançamento de mísseis nucleares, para a projeção sobre terra, o submarino é útil como vetor de pequenas incursões (obviamente facilitadas por sua discrição) e como instrumento coadjuvório ou complementar para o controle da área onde deve ocorrer a projeção. Novamente o conflito das Malvinas oferece exemplo adequado: o sucesso inglês, definido, em última

²² Por ser o submarino um excelente instrumento anti-submarino, a doutrina das maiores potências inclui o uso de submarinos de ataque (armados com torpedos) contra os submarinos lançadores de mísseis.

análise, pelos navios, aeronaves e tropa terrestre, teria sido mais difícil sem a contribuição dos submarinos para o controle do teatro.

Consideremos agora a tarefa de impedir ou dificultar o uso de área marítima pelo adversário, em que a discricção do submarino o torna instrumento privilegiado, compartilhando essa posição com a aviação baseada em terra apenas quando a área está próxima de bases aéreas²³. Essa utilidade do submarino não agrada às maiores potências navais, que não desejam ser ameaçadas por arma eficaz mesmo quando a serviço de potências secundárias. Já no século passado, um primeiro-ministro inglês advertia que a Inglaterra não devia contribuir para o desenvolvimento do submarino, que poderia vir a pôr em risco a predominância inglesa nos mares — como pôs nas Primeira e Segunda Guerras Mundiais. No entender das grandes potências, aos países de menor expressão caberia apenas uma estratégia naval defensiva e costeira e, como os submarinos são úteis para finalidades mais amplas, podendo até comprometer o tranqüilo predomínio naval dos poderosos, é natural que esses sintam relutância por vê-los prestigiados nos programas navais dos menos poderosos.

Voltando ao exemplo do conflito das Malvinas: a Inglaterra teria enfrentado graves dificuldades se a Argentina dispusesse de uns poucos submarinos modernos que, com a aviação voando do continente, haveriam de criar severa ameaça para os navios-aeródromos e transportes de tropa no teatro próximo às ilhas. A preponderância inglesa talvez acabasse por prevalecer, pois a Argentina não poderia disputar o controle da área em virtude da ameaça dos submarinos ingleses, mas o patamar de risco e o custo do sucesso teriam sido mais altos.

12.2.3 - Por que nuclear?

Cabe agora analisar, no quadro geral do uso do submarino, a adequabilidade da propulsão convencional e nuclear. A comparação abrange três características operacionais:

1^a) a discricção ou capacidade de operar escondido. O

²³ Esse seria o caso da defesa do litoral, tráfego e instalações costeiras, cuja importância exige, normalmente, mais do que a negação: exige o controle efetivo, que o submarino e o avião ajudam a estabelecer e manter.

submarino convencional é muito discreto quando propulsado pela energia de suas baterias, mas essa discrição é comprometida quando ele navega na superfície ou próximo dela, de modo a aspirar da atmosfera e nela descarregar pela tubulação esnórque²⁴, para recarregar as baterias e poupar sua energia para as situações táticas de interação com o adversário. Assim, embora o submarino convencional possa ser mais discreto por curtos períodos, o nuclear é mais discreto no cômputo geral, porque independe da atmosfera;

2ª) a distância que o submarino pode navegar e a velocidade com que pode fazê-lo. É flagrante a superioridade do submarino de propulsão nuclear, capaz de alcançar área distante com rapidez e nela executar patrulha extensa, graças à boa velocidade que pode manter por longos períodos²⁵. Essa vantagem também existe no cenário tático, pois o nuclear assume posição de ataque e se evade da reação com maior rapidez do que o convencional, que está sujeito às limitações das baterias. Foi a mobilidade dos submarinos nucleares que permitiu aos ingleses a rápida implementação e a eficiente manutenção da zona de exclusão no teatro das Malvinas, com poucos submarinos; e

3ª) a possibilidade de o submarino nuclear operar por longo tempo, já que o combustível é inesgotável, sob a perspectiva prática operacional. Sua autonomia (tempo fora da base) é limitada apenas pela resistência das tripulações e pela capacidade de transportar gêneros (ou pelo consumo das armas), mas a do convencional é condicionada pela capacidade e pelo consumo de combustível²⁶.

Deduz-se, pois, que embora o submarino convencional

²⁴ Aportuguesamento da palavra snorkel, de origem holandesa.

²⁵ O submarino convencional moderno pode desenvolver boa velocidade em imersão, mas esse regime de marcha exaure rapidamente as baterias; se o faz com o esnórquel, é facilmente detectado.

²⁶ A discrição, a mobilidade e a autonomia foram consideradas apenas sob a perspectiva da propulsão nuclear e diesel-elétrica. Existem em desenvolvimento novos sistemas que prescindem do ar, mas este artigo não trata deles por serem insuficientes as informações. No que concerne à mobilidade e à autonomia, é improvável que tais sistemas possam superar a propulsão nuclear.

continue útil para negar o uso do mar, é evidente que o submarino nuclear é útil mais longe, em áreas maiores e por mais tempo)²⁷. O submarino convencional supera o nuclear apenas na discrição, enquanto propulsado por suas baterias, mas isso só é possível por tempo relativamente curto, tão mais curto quanto maior tiver que ser a velocidade usada. É de se esperar que o aperfeiçoamento das máquinas do submarino nuclear irá reduzir até mesmo esta vantagem do convencional.

Aprofundemos a comparação, associando as considerações estratégicas do item 1 com a análise das características.

Caso 1: impedir que navios adversários se aproximem do litoral e águas costeiras (defesa da fronteira marítima). Trata-se de problema em área próxima e geralmente restrita; a melhor solução seria o controle da área por navios, aviões voando de terra e, complementarmente, por uns poucos submarinos convencionais. Entretanto, se for conveniente aprofundar a defesa até longe do litoral, começa a despontar a adequabilidade do submarino nuclear. Ele será tanto melhor do que o convencional para esse propósito, quanto mais distante (e mais extensa) for a área onde se deseja estabelecer a defesa distante, por submarinos.

Caso 2: dificultar a navegação adversária em águas distantes. Neste caso, é claro que caberiam melhor os nucleares, cuja excelente mobilidade lhe permitiria implementar patrulha distante e extensa, com um número de submarinos menor do que seria necessário para implementá-la com convencionais.

Note-se que em ambos os casos o submarino nuclear apresenta uma vantagem adicional à provida por sua mobilidade privilegiada: o fato de que sua movimentação para a área de patrulha e seus movimentos na área podem ser mantidos mais facilmente em sigilo, já que a propulsão nuclear lhe permite independê-lo da atmosfera.

Complementemos essa análise com mais um exemplo

²⁷ Na Segunda Guerra Mundial, a Alemanha dificultou bastante o uso do Atlântico, com submarinos convencionais, mas isso foi conseguido graças ao emprego de elevado número de submarinos primitivos e baratos. A tecnologia moderna tornou proibitivas as grandes forças de submarinos, salvo para as duas superpotências.

relativo às Malvinas: como foi dito acima, com uns poucos bons submarinos convencionais, a Argentina poderia ter produzido graves dificuldades em torno das ilhas (área razoavelmente restrita e próxima). Entretanto, se a Argentina tivesse contado com dois ou três nucleares, o problema inglês seria maior porque a ameaça argentina se estenderia das proximidades da base de Ascensão às Malvinas (principalmente se a Argentina dispusesse de esclarecimento aéreo para orientar os submarinos). Esse exemplo elucida o valor do submarino nuclear como instrumento de defesa distante, num quadro de confronto com potências melhor preparadas.

12.2.4 - Como se insere o Brasil nesse problema?

A dimensão estratégica

Este texto parte de uma premissa básica: o Brasil precisa dispor de um Poder Militar adequado ao cenário de segurança que lhe diz respeito.

Assim, convém que o Brasil seja capaz de dificultar a aproximação de forças navais/aeronavais hostis e de impedir o uso de suas áreas costeiras por eventual adversário (lembremos do litígio franco-brasileiro em 1963, em torno da captura da lagosta em águas do Nordeste brasileiro). Isso implica capacidade de controlar as águas ao longo do litoral por navios (com seus helicópteros), aviões voando de terra e, em papel coadjuvatório, submarinos, que poderão ser convencionais. É claro, porém, que os nucleares serão mais apropriados se a ação submarina tiver que ser realizada em área distante, ao longo do eixo-vetor da ameaça (algo similar à conjectura feita anteriormente, relativa ao conflito das Malvinas).

Em complemento à capacidade de defesa da fronteira marítima (defesa próxima e distante), precisamos ter condições de exercer influência em áreas sul-atlânticas afastadas, de acordo com o interesse nacional. Isso implica controlar área selecionada e restrita, em cooperação internacional ou até mesmo autonomamente, mas, neste último caso, é preciso reconhecer que,

sob condições adversas de ameaça real (sobretudo se aérea), no futuro hoje previsível, nossa estratégia terá que se alicerçar mais na discricção do submarino.

Se o problema se localizar em área relativamente pequena e moderadamente distante (por exemplo: proximidades de Ascensão ou até de Cabo Verde), o submarino convencional ainda atende a necessidade, embora o nuclear já comece a aparecer como mais apropriado. Entretanto, se a localização for muito distante (por exemplo: Golfo da Guiné ou o amplo contorno Sul da África - a 3.000 milhas de distância ou até mais), o submarino nuclear se imporia com facilidade sobre o convencional, pois seria possível realizar com ele uma patrulha mais eficiente com menos submarinos().²⁸

Deduz-se, assim, que convém ao Brasil tanto o submarino convencional como o nuclear. Enquanto a defesa da fronteira marítima (defesa próxima e afastada) merecer nossa atenção prioritária, o número de convencionais poderá ser maior do que o de nucleares. A prazo longo, o crescimento da projeção, das responsabilidades e dos interesses brasileiros no cenário internacional acabará por recomendar maior presença em águas distantes do Atlântico Sul e isso induzirá à conveniência de ser aumentada a participação relativa da propulsão nuclear. Note-se que a sempre importante defesa da fronteira marítima não será comprometida por essa evolução. Pelo contrário, o submarino nuclear faz bem, ou até melhor, o que o convencional faz e, como vimos, ele é adequado à defesa distante, o que lhe confere boas condições para tornar mais difícil o exercício de ameaça ao Brasil, pelo mar.

Este é o quadro estratégico que, no nosso entendimento, explica o empenho que nos levará algum dia, sem atropelos mas com firme e prudente perseverança, ao submarino de propulsão nuclear. A Marinha veria com satisfação essa sua convicção debatida e avalizada em foros nacionais adequados: o Congresso, instituições de estudos políticos e sociais (universitárias ou autônomas) e outras. Os que podem contribuir para tal análise

²⁸ Ademais, vale insistir na lembrança de que o trajeto para a área e a permanência nela do submarino nuclear poderiam ser efetivados sob maior discricção.

devem fazê-lo, sem preconceitos nem idiosincrasias, para que às gerações futuras não venha assistir o direito de criticá-los por erro ou omissão, nas grandes questões da defesa nacional.

A dimensão técnica

Em países do nível tecnológico do Brasil, uma meta tão complexa como o submarino de propulsão nuclear só pode vir a ser atingida com muito esforço próprio, pois nenhuma grande potência coopera com as menos desenvolvidas num projeto militar com potencial tanto para perturbar a tranqüila superioridade naval dos mais fortes, como para apoiar a prática de uma estratégia autônoma, a serviço de uma política independente²⁹.

O esforço nacional em prol do submarino nuclear brasileiro processa-se em três áreas da tecnologia militar-naval:

- o submarino em si;
- o sistema de armas, que se restringe às armas de ataque a navios (torpedos e, talvez, mísseis táticos), pois, como foi dito no início do artigo, o submarino lançador de míssil balístico diz respeito à arma nuclear, que não é cogitada; e
- a propulsão nuclear.

O domínio da tecnologia do submarino nuclear passa por etapa prévia imprescindível: o domínio da tecnologia do submarino convencional. O atual programa de submarinos convencionais, iniciado com a construção de um submarino moderno na República Federal Alemã, a ser seguida pela construção de outros no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, vai nos proporcionar o aprendizado para o grande salto, o submarino nuclear, talvez nos primeiros anos deste século.

Quanto ao sistema de armas, também estamos tentando desenvolver alguns equipamentos cuja tecnologia dificilmente nos seria transferida. O sistema de armas do submarino nacional

²⁹ Como exceção à regra vale consignar que os indianos receberam o primeiro de três submarinos nucleares soviéticos. A notícia demonstra ser do interesse soviético que a Índia exerça papel saliente no Índico, em detrimento da dominação ocidental. Uma linha de ação como essa, inviável para o Brasil porque os EUA não a adotariam, não nos interessa, pois, quanto mais complexa tecnologia, maior é a satelização logística e estratégica.

convencional será, provavelmente, parecido com o do nuclear.

Chegamos assim à terceira área básica, a propulsão nuclear. Seu desenvolvimento, para o qual não contamos com apoio externo, ou, melhor dizendo, contamos com resistências, pressões e embaraços externos³⁰, engloba:

- o domínio do combustível, do tratamento do minério ao urânio enriquecido e preparado para o reator;
- o domínio da tecnologia do reator;
- o domínio da tecnologia dos equipamentos de máquinas (gerador de vapor, trocadores de calor, turbinas, bombas, motores elétricos e outros, tudo devidamente integrado); e
- o domínio da tecnologia do controle de um sistema nuclear de potência naval.

A Marinha vem contribuindo intensamente para o programa nuclear autônomo desde 1979, na condição de sócio principal do Instituto de Pesquisas de Energia Nuclear da Universidade de São Paulo (IPEN), com total e entusiasmado apoio da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esse empenho específico tem por objetivos o combustível e o reator; como vem sendo noticiado, ele caminha bem. Paralelamente, a Marinha vem promovendo o desenvolvimento das máquinas e do controle do sistema, em indústrias e instituições nacionais de pesquisa. Dentro de quatro a cinco anos, teremos chegado a uma instalação-protótipo, no Centro Experimental de Aramar, **Iperó, São Paulo**.

A propulsão e o submarino, meta de longo prazo da Marinha, vão demorar, mas chegaremos a eles com passos cuidadosos e coerentes com as possibilidades orçamentárias. Entretanto, os benefícios gerais, o início da independência tecnológica na área nuclear, já começaram: todo esse conjunto de pesquisas e desenvolvimento técnico-industrial está produzindo um imenso acervo de frutos tecnológicos de toda ordem para a sociedade brasileira, nos campos da energia, agricultura, saúde e outros. Olhando sem preconceito o que está sendo feito, concluiremos que a propulsão nuclear

³⁰ A inexorável resistência externa foi a principal razão do sigilo que protegeu o programa nuclear autônomo até 1987, pois, se ele fosse conhecido, as dificuldades teriam sido maiores. O estágio atual do desenvolvimento já torna prescindível a proteção por sigilo (salvo o industrial).

será, em última análise, um produto diluído em muitos outros aspectos positivos do programa nuclear autônomo e seus complementos técnico-industriais.

12.2.5 - O Tratado de Tlatelolco, a Zona de Paz e a bomba

Alguns adversários das atividades nucleares em que a Marinha está envolvida (muitos, honestamente bem-intencionados, embora nem sempre bem informados, mas outros preconceituosos ou até movidos por interesses pouco explícitos) apontam nessas atividades uma incoerência com o Tratado de Tlatelolco (não proliferação na América Latina) e com a Resolução da ONU sobre o Atlântico Sul - Zona de Paz, que preconiza a desnuclearização desse oceano.

Ora, a propulsão nuclear não é arma: é uma propulsão com algumas características que a valorizam perante a convencional (mobilidade, autonomia e independência da atmosfera), tanto assim que a Agência Internacional de Energia Atômica (Viena) entendeu que em 1982 a Inglaterra não feriu a desnuclearização sul-atlântica, pois eram convencionais as armas dos submarinos nucleares empregados. E quanto à zona de paz, a desnuclearização preconizada se refere aos submarinos lançadores de mísseis com ogivas nucleares, da URSS e dos EUA, cuja presença geraria um crescendo de atividades navais e aeronavais das superpotências, em detrimento da tranquilidade sul-atlântica.

Outro tipo de objeções diz respeito à possibilidade de que o desenvolvimento nuclear em curso com a cooperação da Marinha visaria à arma atômica. Trata-se de suposição equivocada não por inviabilidade técnica, mas porque já existe uma decisão nacional, uma decisão política de não construí-la e esta decisão não seria alterada sem profunda análise pela sociedade em seu nível político, análise realizada com visão estadista e elevado respeito à vontade nacional. Os responsáveis pelas atividades que contam com a cooperação da Marinha respeitam a decisão em apreço com alto grau de patriotismo, civismo e acatamento às manifestações da alma nacional.

12.2.6 - Um pouco mais de História.

As explosões realizadas pelos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial chamaram a atenção dos militares e cientistas brasileiros. No início da década de 40, antes da primeira bomba atômica ser detonada, os EUA, que já faziam pesquisas na área nuclear visando a objetivos militares, firmam o primeiro programa para a prospecção de recursos minerais brasileiros. Este programa resultou em diversos acordos, firmados na mesma década e na seguinte, chegando o Brasil a trocar, em 1954, dez mil toneladas de minerais radioativos brutos (monazita e terras raras) por cem mil toneladas de trigo (essa troca já foi registrada). Nos Anais da Academia Brasileira de Ciências em 1944 documentam-se as primeiras pesquisas sobre teorias das forças nucleares. A primeira tentativa brasileira de enriquecer urânio ocorreu em 1953, quando o almirante Álvaro Alberto, então presidente do CNPq, ao tomar conhecimento sobre a tecnologia de separação isotópica por ultracentrifugação, desenvolvida pelos alemães, adquiriu naquele país quatro máquinas. O problema é que a Alemanha, ao perder a guerra, ficou sob o domínio dos EUA, que vetaram o despacho das ultracentrifugas para o Brasil. Os conjuntos acabam sendo interceptados pelo Alto Comissariado do Pós Guerra, 24 horas antes do embarque para o Brasil, a partir de denúncia feita pelo militar brasileiro Octacílio Cunha, como já se assinalou.

Em que consiste a energia nuclear ? Os átomos são mais leves ou mais pesados, dependendo do número de partículas que os constituem. O mais leve que se conhece é o do hidrogênio e o mais pesado o do urânio. A energia que o núcleo do átomo possui, mantendo prótons e nêutrons juntos, denomina-se energia nuclear. Quando um nêutron atinge o núcleo de um átomo de urânio-235 (têm em seu núcleo 92 prótons e 143 nêutrons, cuja soma dá 235), divide-o e ocorre a emissão de 2 a 3 nêutrons. Parte da energia que ligava os prótons e os nêutrons é liberada em forma de calor. Este processo é denominado fissão nuclear. Os nêutrons liberados na fissão atingem, sucessivamente, outros núcleos. Na fissão nuclear em cadeia, há grande liberação de energia. Somente o U-235 na natureza tem a propriedade de se fissionar e portanto, sustentar uma reação em cadeia. Para suspender ou

minimizar a reação, teríamos que *apreender* os nêutrons liberados, impedindo os choques sucessivos. Nos reatores nucleares, a reação acontece dentro de varetas que compõem uma estrutura chamada elemento combustível. Dentro do elemento combustível há também barras de controle, geralmente feitas de cádmio, material que absorve nêutrons. Estas barras controlam o processo. Quando as barras “entram totalmente” no elemento combustível, o reator pára; quando saem, ele é ativado. No reator PWR o vaso de pressão contém a água de refrigeração do núcleo do reator. Essa água circula quente por um gerador de vapor, em circuito fechado, chamado de circuito primário. A outra corrente de água que passa por esse gerador (circuito secundário) se transforma em vapor, acionando a turbina para a geração de eletricidade. Os dois circuitos não têm comunicação entre si.

O material combustível básico para geração de energia nuclear, encontrável na natureza, são o urânio e o tório. Outro material de importância, mas obtido por irradiação do urânio, é o plutônio. Dos principais isótopos físséis: U_{233} , U_{235} , Pu_{239} , Pu , somente o U_{235} ocorre naturalmente, em concentrações menores que 1% em massa (0,71%). O restante é composto praticamente do U_{238} , o qual é fissionável. Os outros isótopos físséis acima citados podem ser obtidos por absorção de nêutrons e subsequente decaimento beta pelos materiais férteis: ^{232}Th , ^{238}U e ^{240}Pu .

Em 1946, numa reunião das Nações Unidas em que os EUA propuseram um tratado internacional que criaria uma autoridade mundial responsável pela gestão de todas as reservas de urânio do mundo, o Brasil, representado pelo almirante Álvaro Alberto, juntamente com a União Soviética, são os únicos países a oporem-se ao chamado Plano Baruch, que assegurava aos EUA o monopólio da tecnologia e das matérias-primas nucleares no mundo ocidental. Nesta oportunidade, Álvaro Alberto propôs o Princípio das Compensações Específicas, em que o Brasil, assim como outros países subdesenvolvidos, forneceriam a matéria prima desejada em troca de um preço justo e da prioridade na instalação, em seu território, de reatores nucleares de todos os tipos.

Com o suicídio do presidente Getúlio Vargas e a exoneração

de Álvaro Alberto da presidência do CNPq termina a chamada fase nacionalista, como já foi descrito. O novo presidente, Café Filho, assina, já em 1955, a integração do Brasil ao programa americano *Átomos para a Paz*. O programa sinalizava que os EUA haviam desistido de impedir o acesso de outros países às tecnologias atômicas procurando agora inseri-los sob o seu controle e vigilância. O Brasil assinou um tratado de cooperação com os Estados Unidos em 1955 e os equipamentos acabaram sendo entregues em 1956, após negociações conduzidas pelo almirante Otacílio Cunha, então presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear. As ultracentrífugas foram instaladas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em São Paulo, onde serviram para o professor Ivo Jordan, à frente de um grupo de pesquisadores, realizar estudos referentes à eficiência da tecnologia, tema de sua tese de doutorado. Feitas de alumínio, as máquinas apresentavam vários problemas técnicos, entre os quais o de contaminação do urânio com o óleo lubrificante. Num determinado momento esse trabalho foi encerrado e as centrífugas acabaram sendo enclausuradas num prédio do IPT.

Em 1963, o Instituto de Energia Nuclear, criado em convênio da CNEN com a UFRJ, passa a construir um reator com componentes nacionais, à exceção do combustível. Chamado de Argonauta, o reator entra em operação em 1965. Nesse momento, a CNEN é o órgão que gere a exportação de minérios para uso nuclear. Em 1972, o Brasil assina um novo acordo com os EUA, em que estes forneceriam urânio enriquecido e o reator de potência a ser vendido para o Brasil seria um PWR (Reator de Água Pressurizada). Era um contrato do tipo caixa-preta, em que a última coisa que ocorreria seria a incorporação de tecnologia.

Em 1974, FURNAS negociou a compra de suprimento de urânio e o negócio foi rejeitado pelo governo americano, que só o faria se o Brasil assinasse o Tratado de Não-Proliferação. O dinheiro da compra do urânio foi devolvido e o governo não assinou o TNP. A explosão da bomba pela Índia em 1974 dificulta ainda mais as negociações com os americanos para a construção do reator brasileiro. Em virtude disso, em 1975, é assinado, sob protestos do governo norte-americano, o Acordo Brasil-República

Federal da Alemanha. Os alemães tinham perdido a concorrência para a primeira usina brasileira e já estavam presentes na Argentina, com Atucha I e a Siemens estava estabelecida aqui. Além do mais, o Parlamento da Alemanha impôs uma moratória à energia nuclear por quatro anos à indústria nuclear daquele país. A união com o Brasil a salvaria da falência. O acordo com a Alemanha, entretanto, não significou uma grande melhoria com relação à transferência de tecnologia. O contrato continuava a ser no estilo caixa preta e pressões populares na Europa dificultaram o envio de material radioativo para o Brasil.

Foi achada uma solução maquiavélica. O âmago do acordo era, obviamente, o enriquecimento do urânio, desejado pelos brasileiros. Como a Alemanha, Holanda e Inglaterra eram coproprietárias da tecnologia de enriquecimento do urânio, através do consórcio URENCO, alegaram que os outros participantes não concordavam com a transferência do processo de ultracentrifugação. Atualmente apenas a Inglaterra, Alemanha e Holanda, por meio do consórcio Urenco, Japão e Rússia enriquecem o urânio com a tecnologia de ultracentrífugas. Os Estados Unidos usam a tecnologia de difusão gasosa. Como alternativa para o Brasil restou ficar com o de jato centrífugo, tecnologia engavetada então há mais de vinte anos e, por natureza, ineficiente. A partir de 1978, o contra-almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, *“que acabara de chegar de um programa de pós-graduação na área nuclear tinha noção clara da importância da tecnologia de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação, frente às tecnologias de difusão e jet-nozzle”*.

No entanto, a combatida política nuclear desenvolvida durante estes anos foi suficiente para criar uma classe de pesquisadores bastante atuante na defesa da pesquisa nuclear no Brasil. Apesar da opção do Estado brasileiro de importar totalmente a tecnologia para a construção de reatores de potência, a pesquisa nuclear continuou localizada principalmente nos centros de pesquisa universitários e com o forte apoio de um grupo de militares. Em 1979, inicia-se o Programa Nuclear Paralelo, desenvolvido pela Marinha e apoiado pelo Ipen/CNEN-SP (antigo IEA) com o objetivo de desenvolver um submarino nuclear. Em 1979, houve

a implantação do Complexo de Aramar, com o pseudônimo de “*Estação de Ensaios de Equipamentos a Vapor*” dispondo de farta alocação de recursos financeiros, através de contas “deltas” (conta secreta na filial de Luxemburgo do Banco di Roma, com um saldo de US\$ 700 milhões, e outra no Banco do Brasil) e aproveitamento de recursos humanos e tecnológicos (IPEN-SP). Aramar, segundo o comandante Paulo Afonso, é uma palavra composta das sílabas iniciais de Araçoiaba, nome indígena do local e que significa Casa do Sol - o que, aliás, vai bem com energia nuclear - e a sílaba inicial de Marinha. Assim, Aramar é a Casa do Sol da Marinha. Conforme o contra-almirante Mario Cezar Flores, “*O projeto Aramar será um centro de testes de propulsão, inclusive para o submarino nuclear, conforme tecnologia já aplicada em outros países, como a Inglaterra. Os testes com o reator do submarino movido a energia nuclear são feitos em terra.*”

Mas em que consiste a tecnologia de ultracentrífugas ? Do minério de urânio até a obtenção do metal urânio vai um longo trabalho. Foram desenvolvidos vários processos de enriquecimento de urânio, entre eles o da difusão gasosa e da ultracentrifugação (em escala industrial), o do jato centrífugo (em escala de demonstração industrial) e um processo a Laser (em fase de pesquisa). Por se tratarem de tecnologias sofisticadas, os países que as detêm oferecem empecilhos para que outras nações tenham acesso a elas. Para separar o isótopo de U-235 do U-238, o método mecânico se mostrou eficiente, utilizando uma máquina centrífuga de 70 mil rpm para separação. A taxa de conversão é da ordem de 500 partes de minério para se obter 1 parte de metal. Desta parte, mais de 99% é de U-238, sem finalidade na indústria nuclear.

Em termos simples, a ultracentrífuga segue o mesmo princípio das centrífugas domésticas, usadas para preparar alimentos: propicia a separação do material de maior peso, que é jogado para a parede do recipiente, daquele de menor peso, que fica mais concentrado no centro. No processo chamado de enriquecimento acontece algo semelhante. O U-235 é apenas ligeiramente mais leve que o U-238, adiciona-se flúor ao metal, formando o gás hexafluoreto de urânio. Para o combustível nuclear

interessa apenas o isótopo 235, que é físsil. E como no urânio natural há uma quantidade muito pequena de U-235 (apenas 0,7% enquanto há 99,3% de U-238), é preciso fazer essa separação, ou aumentar a concentração do urânio físsil. Dentro da centrífuga, o isótopo de urânio 235 tende a concentrar-se mais no centro, e o 238 fica mais próximo à parede do cilindro. Duas tubulações de saída recolhem o urânio, sendo que numa delas segue o urânio que tiver maior concentração de isótopos 235 (urânio enriquecido), e na outra, o que tiver mais 238 (chamado de subproduto). Dessa centrífuga o urânio é repassado para outra centrífuga e assim por diante, num processo em cascata. No final dessa cascata é recolhido o urânio com maior nível de enriquecimento, enquanto que na base permanece o subproduto. Através de uma tubulação, o hexafluoreto de urânio (UF₆) é aquecido em uma autoclave a 100°C, adicionam-se outras substâncias, dando origem ao tricarbonato de amônia uranila. Quando o gás passa por um filtro o pó de dióxido de urânio (UO₂) fica retido e é prensado e aquecido a 1.750°C. O aproveitamento unitário das centrífugas é muito pequeno, sendo portanto necessário uma bateria de máquinas para permitir a obtenção de maior quantidade de urânio enriquecido.

De 1976 a 1978, amadureceu na Marinha a idéia de que o Brasil deveria se preparar para construir um submarino com propulsão nuclear, importante instrumento naval de dissuasão e defesa. Admitiu-se que seria indispensável a tecnologia própria, porque nenhuma grande potência a transferiria (Estados Unidos, Rússia, França, Reino Unido e China). Avaliado o cenário tecnológico nacional, a Marinha juntou-se ao IPEN — Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (que dispunha de técnicos à margem do acordo com a Alemanha) no desenvolvimento do ciclo do combustível e do reator, tendo sido adotada a ultracentrifugação para o enriquecimento. O projeto das ultracentrifugas especificamente começou a ser pensado em 1978 e iniciado de fato a partir de 1980.

Em 1982, o IPEN passou a ser gerenciado pela CNEN, na época presidida pelo professor Rex Nazareth, e com mais recursos pôde se concentrar mais fortemente nas atividades do ciclo do

combustível, inclusive na área de enriquecimento isotópico de urânio. Permaneceram no estudo das centrífugas o IPEN e a Marinha, por meio da recém criada Coordenadoria de Projetos Especiais, COPESP. No final de 1982, a parceria IPEN e COPESP registrou a primeira experiência de enriquecimento isotópico de urânio com centrífugas construídas totalmente no Brasil e, desde então, houve uma sucessão de progressos nesse setor. Dominada a tecnologia do hexafluoreto de urânio a partir do minério de Poços de Caldas, em 1982 foi obtido o primeiro sucesso laboratorial de enriquecimento. Nos anos seguintes, foi projetado e construído um reator experimental, desenvolvida a conversão e iniciada a construção de um centro nuclear em Iperó (SP), onde estão sendo montadas as instalações industriais do ciclo do combustível e do protótipo de geração de energia.

Em 1982 a MB assinou contrato com o Consórcio Alemão IKL/HDW/Ferrostaal dando início ao Programa de Construção de Submarinos, que deverá culminar com o lançamento entre 2015/2020 do SNA(submarino nuclear de ataque) brasileiro. O Contrato inicial previa a construção de 4 submarinos IKL1.400 (Classe Tupi) e as instalações para construção de submarinos no Arsenal de Marinha. Este programa chegou ao seu final com o lançamento do submarino Tapajó (S-33), terceiro de projeto alemão construído no Brasil somando-se ao Tupi construído na Alemanha, já se encontra operacional e custou US\$200 milhões. Portanto, os 04 Tupis custaram cerca de US\$ 800 milhões. Estima-se que o programa total custou pelo menos US\$ 1 bilhão.

A segunda parte do Programa envolve a capacidade de projetar um submarino convencional derivado do projeto IKL original, que atualmente encontra-se em construção, trata-se do casco resistente do Tikuna (S-34). Esse submarino é um "Improved Tupi", uma classe intermediária entre os "Tupi" e a futura classe de subs brasileiros ou SNAC-I (atualmente SMB-10). Em seguida a MB deverá construir um ou dois SMB-10, um submarino convencional com um deslocamento carregado de 2.500 toneladas, com casco de pressão duplo com 08 metros de diâmetro e 67 metros de comprimento. Será na verdade a bancada de testes para o SNA(Submarino Nuclear de Ataque).

Já de projeto inteiramente nacional, espera-se que os sensores e o CIC/COC (centro de operações de combate) sejam também nacionais, provavelmente uma versão do Siconta instalados nas Fragatas Niterói e na Corveta Barroso.

Este programa foi mantido durante um longo período fora do conhecimento público. Em setembro de 1987, o então presidente José Sarney anunciou o domínio do enriquecimento do urânio, alcançado pelos pesquisadores envolvidos no Programa Nuclear Paralelo. Enriqueceram urânio a 1,2%, nível insuficiente para qualquer uso prático. Angra I utiliza pastilhas com pelo menos 3% de enriquecimento, quando o combustível é novo. No ano seguinte, a Nuclebrás é extinta e o Programa Nuclear Paralelo é incorporado às pesquisas oficiais, através do Decreto-lei 2.464 de 31 de agosto de 1988. Segundo José Roberto Rogero, diretor de materiais do Ipen, hoje o Brasil domina o ciclo do enriquecimento do combustível para reatores nucleares de pesquisa, estando a tecnologia para reatores de potência pronta para a industrialização, que deve ser feita pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil).

Enquanto não dominava o processo de enriquecimento, que aumenta a porcentagem do isótopo 235, este era feito, na Alemanha e Holanda, pelo consórcio europeu URENCO. A conversão de urânio é o processo que consiste na transformação de concentrados de urânio, o chamado *yellow cake*. O material volta ao país como hexafluoreto de urânio (UF₆). Com ele, as Indústrias Nucleares do Brasil fabricam, em Resende (RJ), as pastilhas de dióxido de urânio (UO₂), que abastecem os reatores de Angra. O programa nuclear da Marinha passou a ser o fornecedor de tecnologia para a fábrica de pastilhas de combustível nuclear em Resende (RJ), para a produção do combustível nuclear das usinas Angra I e Angra II.

“Toda a tecnologia atualmente dominada, em consequência desse programa, foi realizada no Brasil, por brasileiros, adotando soluções e inovações compatíveis e adequadas às nossas necessidades e condições econômicas. O alto grau de inovação dessa tecnologia pode ser avaliado, por

exemplo, no desenvolvimento das ultracentrífugas para enriquecimento isotópico de urânio, que não têm similares no exterior”, diz o diretor do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), Wilson Jorge Montalvão.

O desenvolvimento nuclear do Brasil deve muito a um especialista em ultracentrifugação a gás para enriquecimento de urânio, além de dinheiro. Ele teria passado ao Centro Experimental de Aramar, da Marinha, em Iperó-SP, considerado a vanguarda do programa nuclear paralelo brasileiro, a tecnologia de ponta para o enriquecimento de urânio por ultracentrifugação a gás. Em 29.12.1996, o jornalista Moisés Rabinovici escrevia em “*O Estado de São Paulo*” que “*o cientista alemão Karl-Heinz Schaab estava preso no Rio de Janeiro porque a Alemanha queria julgá-lo por traição pela venda de segredos para a produção de armas nucleares para o Iraque*”. A investigação que incriminava Schaab foi realizada por serviços de contra-espionagem inglês, alemão e holandês depois da descoberta de reproduções fotográficas de uma secreta e avançadíssima centrífuga a gás, desenvolvida por um consórcio europeu, o URENCO, projetada para enriquecer urânio. Schaab teria roubado diversos projetos de construção e manufatura de ultracentrifugadoras para enriquecimento de urânio. A polícia federal alemã (a BKA) concluiu que as reproduções tinham sido roubadas e vendidas ao Iraque antes do final da Guerra do Golfo, em 1991. A repórter Tania Malheiros, que passou dez anos investigando a área nuclear no Brasil, acredita que possa ter havido repasse de tecnologia para o então diretor de Aramar capitão-de-fragata Othon Luís Pinheiro da Silva. (Não há comprovação para isso).

Oportuno assinalar que, além da falta de coimprovação, as centrífugas brasileiras são por levitação, enquanto as alemãs são apoiadas.

O urânio é o mineral usado como combustível para usinas nucleares. Porém, até que esteja pronto para ser utilizado na geração de energia elétrica, um longo caminho precisa ser percorrido. O ciclo do combustível nuclear é o nome dado às etapas industriais pelas quais o urânio passa desde a mineração até a

entrada numa usina nuclear. No Brasil, a empresa responsável pelas seis etapas que o compõem é a estatal Indústrias Nucleares do Brasil (INB), que fatura entre R\$ 100 a 120 milhões por ano com estas atividades. A primeira etapa do ciclo inclui a mineração e a produção do concentrado de urânio, sob a forma de um sal de cor amarela, ou yellowcake, correspondendo a 27% do valor total. A INB possui atualmente uma mina de urânio em atividade, localizada no município de Caetité, no sertão da Bahia. A reserva total está estimada em cerca de 100 mil toneladas, o que supre facilmente a demanda nacional. Para se ter uma idéia do tamanho da jazida existente no local, seriam necessárias apenas cerca de 22 mil toneladas de urânio para abastecer as usinas de Angra I, II e, futuramente, III por toda a vida útil, de no mínimo 40 anos. Após ser produzido, o concentrado é enviado ao exterior, onde acontece a segunda etapa do ciclo do combustível: é a transformação do yellowcake (U₃O₈) em hexafluoreto de urânio (UF₆). Esta etapa corresponde a apenas 3% do valor do ciclo e será a única não realizada no Brasil, apesar de termos a tecnologia. *“Seriam necessárias umas oito usinas em operação para realizarmos esta etapa no país em grande escala. Como temos apenas duas, não se torna economicamente vantajoso montar uma estrutura industrial para agregá-la”*, informa o presidente da INB. À conversão, se segue a mais importante etapa, o enriquecimento isotópico, que corresponde a 36% do valor do ciclo do combustível. Este processo é absolutamente essencial, pois reatores de água leve (LWR (light water reactor) como os de Angra I e II utilizam urânio enriquecido a 3,5%. Apenas oito países no mundo realizam o enriquecimento em escala industrial. Até o momento, esta etapa é contratada pela INB no exterior, sendo realizada pelo consórcio Urenco - constituído por Holanda, Alemanha e Inglaterra - que desenvolveu tecnologia de enriquecimento por ultracentrifugação. Porém, a Marinha brasileira também desenvolveu esta tecnologia, cedida à INB para que seja implantada uma fábrica de enriquecimento de urânio nas instalações. O país está preparado para o enriquecimento de Urânio nas instalações da unidade industrial que a empresa mantém em Resende, no sul do estado do Rio de Janeiro.

A operação de enriquecimento do urânio tem por objetivo

aumentar a concentração do urânio²³⁵ acima da natural - o urânio natural contém apenas 0,7% de urânio²³⁵ - para, em torno de 3% permitir sua utilização como combustível para geração de energia elétrica. Após ser enriquecido, o urânio volta ao Brasil para a etapa de reconversão do UF₆ em pó de urânio. O hexafluoreto de urânio (UF₆) é transformado em dióxido de urânio (UO₂). Reconversão é o retorno do gás UF₆ ao estado sólido, sob a forma de pó de dióxido de urânio (UO₂). Esta etapa é realizada na Unidade II da Fábrica de Elementos Combustíveis (FEC II), em Resende/RJ.

Posteriormente, o pó é enviado para a fabricação de pastilhas de urânio, processo que também é realizado na FEC II. A reconversão constitui 4% do valor do ciclo do combustível, enquanto a fabricação de pastilhas responde por 8%. As pastilhas de urânio, depois de prontas, deixam as dependências da FEC II e seguem para a unidade adjacente, FEC I, para serem submetidas à última etapa do ciclo do combustível nuclear: a montagem do elemento combustível. Esta atividade corresponde a 22% do seu valor e é feita no Brasil desde 1982. Após a montagem, o combustível está pronto para abastecer os reatores de Angra I e II. Duas pastilhas de urânio produzem energia suficiente para atender, por um mês, uma residência média em que vivam quatro pessoas. Os elementos Combustíveis são compostos pelas pastilhas de dióxido de urânio montadas em tubos de uma liga metálica especial - o zircaloy - formando um conjunto de varetas, cuja estrutura é mantida rígida por reticulados chamados grades espaçadoras. Ainda em Resende, na Fábrica de Combustível Nuclear - FCN - Componentes e Montagem, é produzido, obedecendo a severos padrões de qualidade e precisão mecânica, o Elemento Combustível. É a fonte geradora do calor para geração de energia elétrica, em uma usina nuclear, devido à fissão de núcleos de átomos de urânio. O elemento combustível é um conjunto de 235 varetas combustíveis - fabricadas em zircaloy - rigidamente posicionadas em uma estrutura metálica, formada por grades espaçadoras; 21 tubos-guias e dois bocais, um inferior e outro superior. Nos tubos-guias são inseridas as barras de controle da reação nuclear. Antes de serem unidas a estes tubos por solda eletrônica, as grades espaçadoras

são alinhadas por equipamentos de alta precisão. A solda das extremidades das varetas se dá em atmosfera de gás inerte e sua qualidade é verificada por raios-X. As pastilhas de urânio, antes de serem inseridas nas varetas combustíveis, são pesadas e arrumadas em carregadores e secadas em fornos especiais. Simultaneamente, os tubos de zircaloy têm suas medidas conferidas por testes de ultra-som e são minuciosamente limpos. Só então as pastilhas são acomodadas dentro das varetas sob a pressão de uma mola afastada do urânio através de isolantes térmicos de óxidos de alumínio. Um elemento combustível supre de energia 42.000 residências médias durante um mês.

Para projetar e desenvolver a instalação propulsora do submarino nacional de propulsão nuclear, a MB, através do CTMSP, necessitava vencer etapas bem definidas de desenvolvimento tecnológico: o enriquecimento isotópico de urânio (de modo a garantir o domínio tecnológico de todo o ciclo de combustível nuclear); e o projeto, desenvolvimento e construção, em terra, de uma instalação protótipo de propulsão nuclear, denominada Instalação Nuclear a Água Pressurizada (INAP). Após vencida a barreira do enriquecimento, a Marinha passou a enfrentar outras dificuldades. Apesar de todos os tratados assinados e ratificados pelo País, a venda do hexafluoreto de urânio natural (UF₆) para o CTMSP continuou a ser negada por outros países. Essa dependência impôs à Marinha programar o projeto e a construção de uma unidade de produção de UF₆, com capacidade de 40 ton/ano. Essa instalação, concluída em 2002, permitirá que a Marinha domine, também, a única fase do ciclo do combustível ainda não desenvolvida no País. O PNM previu o desenvolvimento de uma instalação protótipo de propulsão nuclear, com um reator a água pressurizada (PWR) de 11 megawatts-elétricos, o Lab-Gene³¹, a ser construída no CEA, e que é a primeira instalação nuclear de potência projetada no País. Em uma primeira fase do Projeto da INAP, estão sendo fabricados o reator e seus internos, além de testados os equipamentos propulsores, turbinas, gerador de vapor, pressurizador, condensador.

O Centro Experimental ARAMAR tem como propósito

³¹ Lab-Gene: Laboratório de Geração Nuclear elétrica.

realizar a parte experimental do desenvolvimento nuclear para propulsão de um submarino: *“É uma tecnologia de ponta que coloca em destaque a competência na gestão de pessoas com vários desdobramentos em outros campos de atividades nacional, principalmente nos estudos e aplicações de fontes de energia alternativa”*. O Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) é uma Organização Militar que trabalha em pesquisa e desenvolvimento de sistemas nucleares e energéticos para serem aplicados na propulsão de navios da Marinha do Brasil. Em São Paulo, são elaborados os projetos, efetuadas as pesquisas e desenvolvidos os processos em plantas piloto, que posteriormente são implantados para fins demonstrativos em escala industrial em Iperó, no Centro Experimental Aramar (CEA). No CEA - Centro Experimental Aramar (CEA) estão sendo construídas as principais oficinas, laboratórios, usinas e protótipos desenvolvidos pela CTMSP.

O Programa de atividades do CTMSP é dividido em dois grandes grupos: Ciclo do Combustível Nuclear e Instalação do Laboratório de Geração Núcleo-elétrica — LAB-GENE. O projeto do Ciclo do Combustível Nuclear visa dominar as etapas necessárias a obtenção do urânio enriquecido (contém maior concentração do isótopo de urânio U_{235}), para utilizá-lo nos elementos combustíveis do núcleo de um reator nuclear. O projeto da LABGENE tem como objetivo construir um reator nuclear, do tipo Pressurized Water Reactor (PWR), o qual será empregado em sistemas de propulsão naval.

O reator LABGENE 11 (Reator Naval de Potência de 11 Megawatts), que é o primeiro reator nuclear de potência projetado no País, (a instalação-protótipo do sistema de propulsão nuclear) está sendo construído no Centro Experimental Aramar. Quando o Alte. Alan Paes Leme Arthou assumiu o CTMSP, mudou o nome para LABGENE (Laboratório de Geração Núcleo-elétrica, visando com isso melhor definir o Projeto e facilitar a concessão de verbas de órgão extra. O projeto deste reator de pequeno porte, do tipo Pressurized Water Reactor (PWR), tem-se constituído em grande fator de motivação para o desenvolvimento e a validação da tecnologia de reatores nucleares de potência. Este protótipo

em escala menor do reator de 50 MW entrará em funcionamento no ano de 2002. O vaso de contenção do reator já está pronto para começar a montagem do mesmo. A MB também resolveu incluir no Programa a construção de uma planta industrial para produzir em escala comercial o gás hexafluoreto de urânio, que é um dos estágios necessários para o enriquecimento do urânio, que também deverá ser concluída em 2008.

O sistema de controle, inteiramente nacional, que está sendo desenvolvido para o RENAP-11 corresponde, em termos internacionais, ao estado da arte da tecnologia de controles. Trata-se de um sistema digital, hierarquizado e distribuído, com alto grau de modularização e padronização, com possibilidade de aplicação em outras instalações nucleares, industriais e navais, que constitui significativo avanço em relação aos sistemas de controle atualmente utilizados em centrais núcleo-elétricas. Este desenvolvimento tem permitido a capacitação do País em metodologia de projeto e de qualificação de sistemas, hardware e, principalmente, software com elevados requisitos de segurança, de *falha segura* e de *controle de erros*. Muitos dos instrumentos utilizados neste sistema têm, sem dúvida, aplicação imediata nas áreas industrial e naval.

Como no Brasil não havia tradição de fabricação de equipamentos elétricos e a vapor utilizados em sistemas navais de propulsão, o Programa teve que contemplar o desenvolvimento, a nacionalização e a industrialização de diversos componentes e equipamentos de emprego naval, tais como turbina a vapor, condensadores, bombas, motores e geradores elétricos. Foi concluído o motor elétrico de 75 KV, também chamado de motor de polos permanentes citado por ímãs de terras raras. Esse motor foi desenvolvido em conjunto com a Escola Politécnica da USP, por meio da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), para o sistema de propulsão de uma segunda geração de submarinos; constitui-se também em notável inovação tecnológica em termos de máquinas elétricas empregadas em propulsão e tração. O Laboratório de teste de Equipamentos de Propulsão (LATEP), único do gênero em nosso continente, que está sendo construído no Centro Experimental Aramar,

permitirá a realização de testes e a validação experimental desses equipamentos e de outros do gênero, que venham a ser fabricados pela nossa indústria. O motor de comutação eletrônica excitado por ímãs de terras raras, que está sendo desenvolvido em conjunto com a Escola Politécnica da USP, por meio da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), para o sistema de propulsão de uma segunda geração de submarinos, constitui-se também em notável inovação tecnológica em termos de máquinas elétricas empregadas em propulsão e tração.

Este tipo de motor, que combina a simplicidade de construção dos motores polifásicos com a facilidade de controle de velocidade do motor de corrente contínua, terá, seguramente, larga aplicação em tração elétrica de trens e ônibus, laminação de metais, máquinas, ferramentas e inúmeros outros usos industriais onde seja requerida velocidade variável, proporcionando considerável economia de energia. O desenvolvimento do protótipo da plataforma naval abarca um leque de áreas de conhecimentos afins com o projeto, construção, manutenção, reparos e operação de navios que, neste caso, leva toda a filosofia e metodologia do trabalho associado à pesquisa tecnológica e indústria nuclear ao setor constituído pela indústria de construção naval e de navieças, de considerável importância econômica para o País. O Laboratório de Hidrodinâmica Naval e Oceânica, está sendo construído em Aramar, e o Laboratório de Mecânica Estrutural no Rio de Janeiro, deverão dar grande contribuição experimental a esses desenvolvimentos.

Um aspecto extremamente relevante na obtenção do submarino de propulsão nuclear diz respeito a equipamentos e sistemas não constantes da instalação propulsora, considerados como estratégicos, ou seja, cuja aquisição no mercado externo possa vir a ser dificultada por condicionantes políticos e/ou aqueles cuja dependência de fornecedor estrangeiro possa comprometer o aprestamento do submarino. E entre os sistemas para os quais já se consideram previsíveis sérias dificuldades para importação ou transferência de tecnologia se situam o sistema de navegação inercial(a MB está fazendo testes com sistemas de giroscópio, que possuem 14 aletas de controle, para serem utilizados em mísseis e

SNA's) ; consoles de governo e profundidade; sonares acústicos e eletromagnéticos; sistemas de comunicação em baixa frequência; e os sistemas de armas. Estes desenvolvimentos estão a cargo do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM).

O Centro Experimental Aramar conta, também, com um avançado Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Materiais; com uma bem aparelhada oficina de mecânica de precisão; com um Laboratório de Análise de Ruídos, Choques e Vibrações; com um Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética; e um Laboratório de Hidrodinâmica Naval e Oceânica que será operado em conjunto com técnicos e engenheiros navais do IPT. Encontra-se atualmente em construção no Centro de Aramar as instalações para abrigar o RENAP-50(reator PWR de 50/48 megawatts de potência).

Todo o programa tem uma supervisão técnica e epistemológica do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), o qual conta com 600 profissionais de nível superior e cerca de 1000 de nível técnico e está localizado na Universidade de São Paulo(USP). A necessidade de utilização de materiais com tecnologia não disponível no País tem exigido do Programa grande ênfase no desenvolvimento de novos materiais, para o que se tem investido fortemente na formação e capacitação técnica de recursos humanos nessa área. O planejamento de um curso de Engenharia de Materiais em Sorocaba e da criação de uma Escola Técnica, nas dependências do Centro, para formação de técnicos de nível médio nas áreas de mecânica de precisão e materiais, está inserido nesse esforço e deverá atender as necessidades futuras da região. Portanto, este programa é muito mais do que se tem noticiado, sua extensão ajudará o Brasil a superar muito do atraso tecnológico no campo científico.

Um submarino convencional dispõe de um gerador diesel e banco de baterias. O gerador diesel não está conectado diretamente ao sistema de propulsão. O sistema de propulsão de um submarino está ligado aos bancos de baterias e o gerador diesel recarrega tais baterias. Esta questão técnica implica uma jornada nos mares estar limitada ao combustível transportado e à vida útil das baterias. No caso de um submarino nuclear, como mostrado abaixo, o sistema de propulsão está diretamente conectado aos circuitos de geração

termonuclear. O vaso do reator foi fabricado na NUCLEP e já foi entregue (ago/2002) à Marinha. A partir de julho de 1985, após equacionar detalhes técnicos e econômicos, incluindo a garantia da continuidade dos recursos necessários à implantação, para que o acordo seja formalmente assinado entre as partes, o Brasil tem dado um passo estratégico rumo à independência na área nuclear, passando a dominar uma das etapas mais importantes do ciclo do combustível, o enriquecimento isotópico do urânio por ultracentrifugação, o que também irá lhe assegurar um lugar cativo no restrito rol de países que hoje executam esse processo.

O submarino convencional é muito discreto quando propulsado pela energia de suas baterias, mas essa discrição é comprometida quando ele navega na superfície ou próximo dela, de modo a aspirar da atmosfera e nela descarregar pela tubulação esnórque¹, para recarregar as baterias e poupar sua energia para as situações táticas de interação com o adversário. Assim, embora o submarino convencional possa ser mais discreto por curtos períodos, o nuclear é mais discreto no cômputo geral, porque independe da atmosfera. Outra vantagem do submarino nuclear é a distância que o submarino pode navegar e a velocidade com que pode fazê-lo. É flagrante a superioridade do submarino de propulsão nuclear, capaz de alcançar área distante com rapidez e nela executar patrulha extensa, graças à boa velocidade que pode manter por longos períodos. Essa vantagem também existe no cenário tático, pois o nuclear assume posição de ataque e se evade da reação com maior rapidez do que o convencional, que está sujeito às limitações das baterias. Foi a mobilidade dos submarinos nucleares que permitiu aos ingleses a rápida implementação e a eficiente manutenção da zona de exclusão no teatro das Malvinas, com poucos submarinos. Outra vantagem é a possibilidade de o submarino nuclear operar por longo tempo, já que o combustível é inesgotável, sob a perspectiva prática operacional. Sua autonomia (tempo fora da base) é limitada apenas pela resistência das tripulações e pela capacidade de transportar gêneros (ou pelo consumo das armas), mas a do convencional é condicionada pela capacidade e pelo consumo de combustível.

Segundo a Marinha, o SNAC-II (primeiro submarino

nuclear brasileiro), deverá deslocar entre 2.900/3500 toneladas submerso, ter cerca de 70m de comprimento, diâmetro de pelo menos 08 metros, possuirá um reator PWR de 48 MegaWatts e poderá navegar a 28 nós de velocidade. Terá características semelhantes à classe francesa Rubis/Amétyste ou à britânica Trafalgar. Devido ao ritmo lento de investimentos, o submarino nuclear brasileiro poderá estar singrando os mares por volta do ano 2015/2020. Até lá, espera-se que os sensores e o armamento já estejam inteiramente nacionalizados. O projeto do casco já está em andamento, mas o reator só deverá ficar pronto no ano 2005. O sistema propulsivo terá uma planta bem simples, produzindo vapor diretamente por meio de um gerador, a partir do circuito do reator PWR, o circuito secundário será o de vapor e sua refrigeração atuando por gravidade/diferença de pressão, o vapor gerado pelo sistema moverá diretamente uma turbina que estará ligada ao eixo do hélice, o submarino deverá contar com um motor elétrico movido por bateria e alimentada por um gerador, a fim de movimentar o submarino em caso de falha do sistema principal.

De acordo com o Centro Tecnológico da Marinha, desde que o submarino começou a ser projetado, em 1979, já foram investidos cerca de US\$ 950 milhões. Outros R\$ 750 milhões estão previstos até a conclusão, totalizando aproximadamente US\$ 1,4 bilhão. Última previsão, 2025. Segundo o centro *“a tecnologia aplicada no programa é inteiramente nacional e está sendo desenvolvida por brasileiros”*. O Arsenal de Marinha já construiu 3 submarinos convencionais. O projeto tem sido desenvolvido em parceria com entidades como IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), USP, UNICAMP, IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e Centro Aeroespacial. Ao mesmo tempo em que construía os submarinos classe “Tupi”, o Brasil gastou mais US\$405 milhões, de 1979 a 1991, no desenvolvimento do projeto do submarino nuclear.

Deste total, US\$180 milhões foram gastos com o desenvolvimento do ciclo de combustível e US\$225 milhões com o desenvolvimento do reator e seus componentes. O total do investimentos, sem incluir o preço do primeiro submarino deverá custar US\$ 1,2 Bilhão de dólares, segundo informes da

MB já foram gastos no Programa até agora cerca de US\$ 900 milhões, devendo ainda serem gastos mais US\$ 120 milhões para a conclusão dos reatores PWR. O custo de cada sub nuclear é estimado entre 350/400 milhões de dólares, sem contar o gasto do desenvolvimento do SNA. Devido à queda dos orçamentos militares, o total dos custos do projeto vem sendo bancado exclusivamente pelo orçamento da Marinha do Brasil, que investe cerca de US\$ 26 milhões por ano, estima-se que o reator RENAP 50 (na verdade 48) MegaWatts, junto com o sistema propulsivo (INAP), estejam concluídos entre 2007 e 2011. A construção do edifício para abrigar estas instalações do INAP já está em andamento.

Segundo o ministro das relações exteriores em declaração de abril de 2004, Celso Amorim, “O Brasil tem cumprido tudo de maneira exemplar e o mesmo não tem sido feito pelas potências nucleares, que não estão cumprindo com suas obrigações, de acordo com o artigo 6º do TNP (Tratado de Não-Proliferação Nuclear), que pede que elas entrem em negociação para eliminar todas as armas nucleares”, declarou o ministro das Relações Exteriores “É importante para o Brasil manter não só seu segredo tecnológico, mas também sua capacidade de desenvolvimento tecnológico”, afirmou o ministro das Relações Exteriores, Celso Amorim, na Comissão de Relações Exteriores da Câmara dos Deputados, em resposta às pretensões dos Estados Unidos de impor ao país um protocolo *adicional* de inspeção para a planta das Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), localizada em Resende (RJ). O protocolo prevê inspeções irrestritas e sem aviso prévio. “Não vamos nos deixar levar por pressões exteriores. Se o Brasil vai ou não assinar o protocolo, isso tem que ser feito de forma racional e soberana, à luz de seus interesses em uma área estratégica”, declarou o ministro Amorim.

Os inspetores da Agência Internacional de Energia Atômica não são necessariamente espíões. A única coisa certa é que temos de ser cautelosos”, afirmou o ministro. Na realidade, os norte-americanos querem ter acesso ao funcionamento das ultracentrífugas utilizadas para o enriquecimento de urânio, cujo processo foi desenvolvido com tecnologia nacional. O Brasil possui uma das maiores reservas mundiais de urânio.

Atualmente, o país é o sexto maior produtor de urânio do mundo, com apenas 25% de seu território pesquisado. O objetivo é alcançar a auto-suficiência no enriquecimento até 2008, resultando em grande economia de divisas uma vez que grande parte do minério hoje explorado é enriquecido fora do país. As principais ocorrências de urânio se concentram nos estados da Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais. O país possui ainda presença de urânio associado a outros minerais no Amazonas e em Carajás (PA).

Em apenas 30 anos, a energia nuclear aumentou a sua participação na produção total de energia elétrica partindo de um valor extremamente pequeno, 0.1%, para um valor substancial de 17%. Para se dar a perspectiva deste desenvolvimento importante a energia hidrelétrica, cuja tecnologia vem sendo empregada há cerca de um século, participa no balanço elétrico mundial com cerca de 18%, e as perspectivas de um aumento deste valor são limitadas a nível mundial, o que não é o caso da energia nuclear. A energia nuclear, após o início do seu emprego para a produção comercial de energia elétrica, há apenas cerca de quatro décadas, já é a segunda fonte mais empregada para a produção de energia elétrica em países industrializados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a terceira fonte mais utilizada a nível mundial, bem próximo da segunda fonte, a energia hidroelétrica. Isto demonstra que a energia nuclear constitui-se em uma tecnologia madura e comprovada e que permanecerá no balanço energético mundial por muito tempo.

CONCLUSÃO

Em apenas 30 anos, a energia nuclear aumentou a sua participação na produção total de energia elétrica partindo de um valor extremamente pequeno, 0.1%, para um valor substancial de 17%. Para se dar a perspectiva deste desenvolvimento importante, a energia hidrelétrica, cuja tecnologia vem sendo empregada há cerca de um século, participa no balanço elétrico mundial com cerca de 18%, e as perspectivas de um aumento deste valor são

limitadas a nível mundial, o que não é o caso da energia nuclear.

Durante os próximos dez anos, o desenvolvimento da energia nucleoe elétrica no mundo não se deverá igualar ao grande crescimento das duas últimas décadas. As razões para isto são várias e complexas. Cita-se inicialmente um decréscimo da taxa de crescimento da energia elétrica nos países industrializados na última década em consequência da diminuição do crescimento econômico. É de se notar que mais de 80% da capacidade instalada em usinas nucleares no mundo está concentrada nos países da [OCDE](#), e serão estes países que continuarão a ditar o crescimento da energia nuclear a nível mundial.

Houve, também, adicionalmente, um aumento das preocupações do público em relação à energia nuclear, levando a cancelamentos ou atrasos de usinas nucleares e revisão de programas de expansão. Há fortes sinais de que se inicia uma maior aceitação pelo público da energia nuclear nos dias de hoje, após várias reuniões internacionais especializadas sobre meio ambiente e a constatação de um possível aquecimento do planeta devido ao efeito estufa adicional, em parte causado por fontes térmicas convencionais de geração de energia elétrica.

O lixo atômico

Ainda que fosse possível uma total segurança quanto a acidentes, restaria o grave problema do lixo atômico, isto é, da inevitável produção de uma grande quantidade de escórias radioativas, inerentes ao processo de fissão nuclear. Vários têm sido as soluções propostas para o isolamento do lixo atômico, mas, considerando-se o fato de que a produção de radioatividade nociva por esses resíduos se prolonga por milhares de anos, é absolutamente impossível garantir que os invólucros, por mais espessos e resistentes que sejam, não venham a se deteriorar ou ser violados.

Questões tecnológicas importantes, como essa, permanecem abertas. Até o direito básico da população de Angra à segurança está mal explicado. Para os críticos, o Plano de Evacuação da cidade

em caso de acidente é uma ficção. Tem tudo para dar errado.

De qualquer forma, adotar tal sistema de geração de energia é assumir uma séria responsabilidade perante as gerações futuras.

Desde a inauguração oficial de Angra II, em 14 de julho de 2000, a utilização da energia nuclear no Brasil voltou a ser tema freqüente na imprensa. Além da antiga polêmica em torno do custo de construção da usina (mais de R\$ 10 bilhões, sendo quase R\$ 7 bilhões de juros), cientistas apontam a necessidade de o país investir em pesquisa e formação especializada nessa área. “Há quinze anos tínhamos mais pessoas preparadas para lidar com energia nuclear do que agora”, afirma Anselmo Paschoa, ex-Diretor de Rádio-proteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e professor da PUC-Rio.

Os mais céticos, como Luiz Pinguelli Rosa, vice-diretor da Coordenadoria dos Projetos de Pós-graduação em Energia da UFRJ (Coppe), dizem que há alternativas a serem consideradas além da energia nuclear. “Apenas 25% do potencial hidrelétrico do Brasil é aproveitado”, argumenta, em declaração à *Folha de S. Paulo* (23/07/00). Pinguelli ressalta que em Angra II, para cada quilowatt gerado, são investidos US\$6 mil, enquanto numa hidrelétrica essa relação é de US\$100/kW. O governo justifica a necessidade de construção de usinas nucleares para atender a uma demanda crescente, com projeção de déficit no suprimento de energia já em 2001.

A preocupação mundial em buscar fontes alternativas às convencionais (carvão, petróleo e hidrelétricas) baseia-se no caráter não renovável dos combustíveis fósseis, na tentativa de diminuição da emissão de gás carbônico (CO₂), no aumento da demanda por energia e na escassez, em alguns países, de recursos fósseis e hídricos.

Entre as alternativas para geração de energia em larga escala, a opção nuclear é a de maior custo por causa dos investimentos em segurança dos sistemas de emergência, do armazenamento de resíduos radioativos e do descomissionamento (desmontagem definitiva e descontaminação das instalações) de usinas que atingiram suas vidas úteis. A energia gerada pela recém inaugurada

Angra II, por exemplo, terá um custo de R\$ 45,00 por MW/h em contraposição aos R\$ 35,00 por MW/h da energia fornecida por uma hidrelétrica.

O longo e custoso processo de implantação das usinas nucleares no Brasil revela o gerenciamento inadequado desta alternativa, fato que aquece ainda mais o debate brasileiro. Angra II, por exemplo, teve seu custo triplicado devido aos juros pagos e à sua manutenção. O único ponto favorável talvez seja o fato de que a Siemens, fabricante da maior parte dos equipamentos da usina, atualizou continuamente a tecnologia a partir dos avanços técnicos realizados nesta área na Alemanha. Desde 1976, a empresa forneceu o equivalente a US\$1,27 bilhões em equipamentos e serviços.

Segundo Kleber Cosenza, superintendente de operação da Eletronuclear, a possível construção de Angra III teria um custo menor, em torno de R\$2,5 bilhões, pois boa parte do equipamento foi comprado junto com o de Angra II. Destes, já foram gastos R\$1,3 bilhões em equipamentos comprados com os de Angra II, na década de 80. Eles representam 60% do que é necessário para a usina e estão estocados no Brasil e na Alemanha.

Além do custo, um dos fatores apontados é o baixo aproveitamento dos recursos hídricos no Brasil.

Segundo a Eletronuclear, o objetivo desta fonte alternativa não é o de concorrer, a curto prazo, com as hidrelétricas, e sim o de complementar e diversificar este sistema. Um dos fatos que atestam a necessidade de investimentos em fontes alternativas de energia é a baixa capacidade de expansão da produção hidrelétrica no sudeste, região de maior consumo do país. As usinas nucleares de Angra podem estabilizar o fornecimento para a região e diminuir riscos de blecautes.

No caso dos recursos hídricos, a maior parte deles concentra-se na região Norte/Amazônia (70%) e Centro Oeste (15%). A exploração deste potencial apresenta inúmeros inconvenientes, como o alto custo de transmissão da energia e o prejuízo ambiental que acarretará. Ao já conhecido impacto sofrido pela população e pelo ambiente nas regiões inundadas, somam-se recentes estudos que apresentam inesperados problemas ocasionados pelas

hidrelétricas. A tese de doutoramento de Marco Aurélio dos Santos em Ciências e Planejamento Energético (UFRJ-Coppe) é um desses estudos. O trabalho, Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas demonstra a liberação de dióxido de carbono e metano (gases causadores de efeito estufa) pela biomassa depositada no fundo dos reservatórios da hidrelétrica.

A energia nuclear, apesar de não colaborar para a emissão desses gases, precisa lidar com o incômodo problema dos resíduos radioativos, que requerem uma solução para o armazenamento a longo prazo e investimentos em segurança, além de implicarem no fantasma de um acidente nuclear.

Optar pela energia nuclear no Brasil tem como ponto favorável o fato de possuímos a sexta maior reserva mundial de urânio (cerca de 300 mil toneladas), suficiente para nos assegurar a independência no suprimento de combustível por muito tempo. Além disso, dois terços do território permanecem inexplorados quanto à presença do metal. No entanto, o Brasil ainda importa o urânio enriquecido (necessário para se fazer o elemento combustível), embora a tecnologia para o enriquecimento já seja aplicada no país, em escala laboratorial, para a produção de combustível de reatores de pesquisa.

Fontes renováveis de energia, como vento, energia solar e biomassa, freqüentemente são apontadas pelos ambientalistas como uma alternativa que merece maior atenção. A grande preocupação de grupos como o Greenpeace com a energia nuclear é o risco de acidentes. As fontes alternativas, no entanto, não são capazes de fornecer energia em larga escala e têm a desvantagem de serem dispersas, não fornecerem energia de forma contínua e necessitarem de uma grande área para sua implantação. Um dado importante é o crescimento da utilização de energia nuclear no mundo nas últimas décadas.

Para concluir, é interessante levar em consideração artigo publicado na Folha de São Paulo, de autoria do físico Rogério Cezar de Cerqueira Leite (vide bibliografia), em que esse físico de renome internacional faz uma série de considerações sobre as possibilidades de utilização de fontes energéticas.

Até presentemente, a sociedade acreditava no mito da

inesgotabilidade do petróleo e do gás natural. As empresas do setor e governos, por interesses financeiros e políticos, mantinham cerrada campanha publicitária de desinformação, apesar de inúmeros alertas de especialistas independentes e alguns poucos comentaristas bem informados. Mas eis que, subitamente, se observa uma reversão nas informações provenientes das empresas de petróleo. Talvez apenas porque não queiram ser acusadas de falada, de engodo.

A Exxon-Mobil e a Chevron, reconhecendo que o petróleo atingirá, fora da Opep, o pico de produção em cinco anos, solicitam ajuda da sociedade para enfrentar “uma nova era da energia”. Quase simultaneamente, a Agenda Internacional de Energia publica um relatório em que é analisado o suprimento de combustíveis líquidos até 2030, quando a demanda terá aumentado em 60% sobre a atual.

Para que essa demanda seja atendida, será necessário aproveitar o óleo pesado da Venezuela e extrair do xisto americano e das areias betuminosas do Canadá o óleo possível, além de usar técnicas de “extração ampliada de petróleo” e de “extração induzida de petróleo”, ambas de potencial ainda controvertido, embora já em aplicação. Essas inovações requereriam desenvolvimento de novas tecnologias e muito investimento, reconhece o relatório mencionado.

Além dessas opções, para satisfazer a demanda em 2030, seria necessário recorrer ainda a processos de liquefação do carvão e à biomassa, além de um aumento percentual significativo da oferta pelos países da Opep, cujas reservas oficiais são bastante extensas. Todavia é bom lembrar que, em 1988, após o acordo que tornava as respectivas quotas de exportação proporcionais às reservas de cada país, os países membros ou dobraram ou triplicaram as respectivas estimativas. Ou seja, as reservas de petróleo da Opep, sem um metro de perfuração exploratória, dobraram em um ano. Especialistas independentes afirmam que o pico de produção do petróleo da Opep também ocorrerá em 2010.

Do gás natural não se pode esperar muito, pois, certamente, antes de 2030 sua produção já estará em declínio. A produção de sintéticos (gasolina, diesel etc.) a partir do carvão é possível por

intermédio de tecnologias já existentes. Entretanto somente seria aceitável em escala mundial, ou mesmo limitada, com a que as tecnologias ainda estão em desenvolvimento. E é bom lembrar que, como acontece com os isótopos radioativos do resíduo nuclear de longa vida, o tempo de retenção do CO₂; também deve ser de cerca de 10 mil anos. Assim, A impressão de que a humanidade disporia de um leque de opções para fornecimento de combustíveis é enganosa

Por outro lado, embora custos de produção sejam economicamente atraentes e uma série de tecnologias já maduras estejam disponíveis, a opção por biocombustíveis encontra um obstáculo irremovível: a baixa eficiência da fotossíntese, o que implica uma extensão de terras agricultáveis inexistente.

Tanto para a cana-de-açúcar como para o eucalipto, as culturas para as quais maior eficiência foi alcançada, seriam necessários entre 12 milhões e 15 milhões de km² em terra tropical. Ora, é duas vezes a área cultivada atualmente no planeta e quase o dobro da superfície do Brasil. Não obstante, no Brasil, para atender a demanda por combustíveis líquidos até 2030 com biocombustíveis, as terras férteis disponíveis em território nacional seriam mais que suficientes, sem ocupação das áreas de florestas e das usadas para cultivo de alimentos. Mas somos exceção.

Não deveríamos, entretanto, esperar muito de outras formas renováveis de energia para a produção de combustíveis líquidos primários ou secundários. A hidroeletridade, que hoje responde por pouco mais de 2% da demanda global de energia, dificilmente aumentará sua participação percentual no futuro. Também é pouco provável que o conjunto das contribuições da energia geotérmica, da eólica e daquelas derivadas de marés, outros movimentos de águas oceânica venham a se igualar à participação das hidroelétricas.

Também é pouco provável que a captação direta de energia solar venha a ter uma participação elevada. Simpatizantes dessa opção costumam mencionar uma eficiência entre 10% e 15% para a única opção economicamente competitiva, o silício cristalino. Todavia o valor é para a eficiência de pico. Com um fator de utilização de 0,25 e outras perdas, a eficiência final cai para algo entre 1% e 2%, dependendo da localização, o que não é muito maior que a eficiência

obtida com biomassa. A vantagem maior da conversão fotovoltaica é que não ocupa terras úteis para agricultura. Além do mais, para a atual tecnologia de produção do silício, a energia dispendida na construção da célula só é recuperada após um período de três a seis anos, dependendo da localização.

Em resumo, a impressão de que a humanidade disporia de um leque de opções para fornecimento de combustível é enganosa. O petróleo está se esgotando e o uso de outros fósseis será dispendioso e problemático. E, pior ainda, a contribuição de renováveis será necessariamente modesta.

Especificamente no que tange ao Brasil, deve ser assinalado que ainda importa muito da energia de que necessita. As hidrelétricas passíveis de serem construídas encontram-se afastadas dos centros consumidores, encarecendo a energia em função das extensas linhas de transmissão.

A tecnologia nuclear não é ainda explorada na plenitude de suas potencialidades, existindo um debate mais político-ideológico do que técnico-econômico para o seu desenvolvimento.

A importação de gás nos coloca à mercê de convulsões nos países vizinhos, onde se localizam as fontes.

No campo da defesa externa, as Forças armadas (FA) não possuem artefatos nucleares, o que limita sua capacidade de dissuasão. O país, de fato, não deseja tais armamentos, mas não pode abrir mão do ciclo nuclear, que lhe possibilitará acesso a energia mais econômica e também às tecnologias de propulsão de veículos e embarcações, principalmente submarinas.

Como se pode verificar, as opções para a geração de energia não são muito animadoras, motivo pelo qual, apesar de todas as restrições que lhe são feitas, a utilização da energia nuclear poderá ser a única viável em face da demanda crescente de fontes energéticas.

Particularmente importante é o Brasil resistir às pressões externas, que têm procurado obstaculizar nosso desenvolvimento.

Expusemos, documentada e exaustivamente, os fatos. Cabe às autoridades responsáveis a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, José de Lima, *Fontes de Energia*, Editora Universidade de Brasília, 1994.

BIASI, Renato de, *A Energia Nuclear no Brasil*. Biblioteca do Exército Editora, Rio de Janeiro – RJ, 1979.

BRANCO, Samuel Murgel. *Energia e Meio Ambiente*. São Paulo: Moderna, 1990.

BRANCO, Samuel Murgel. *O Meio Ambiente em Debate*. 3ª Ed, São Paulo, Moderna, 2004.

BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000.

BRASIL NUCLEAR, ANO 11, NÚMERO 27, SET/OUT - 2004.

COELHO, Marcos de Amorim; *Geografia Geral – o espaço natural e sócio econômico*; Editora Moderna; 1993; São Paulo, SP.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira. *O fim da era da maldição do petróleo*, in Folha de São Paulo, A3, 21.08.2005.

MIROW, Kurt Rudolf. *Loucura Nuclear*, Civilização Brasileira, Rio de Janeiro – RJ, 1979.

MEIRA MATTOS, Carlos de. *Guerra nas Estrelas*. Biblioteca do Exército Editora, Rio de Janeiro – RJ, 1988.

OLIVEIRA, Odete Maria de. *Integração Nuclear Brasil-Argentina — Uma Estratégia Compartilhada*. Editora da UFSC – Editora Obra Jurídica, Florianópolis – SC, 1996.

Geografia do Brasil – Dinâmica e Contrastes/Sociedade e Espaço — Geografia Geral .

O Estado de São Paulo (Vários números)

Folha de São Paulo (vários números)

Dicionário Ilustrado de Ecologia; Revista Terra; Editora Azul.

Almanaque Abril 1997, ano 23, Editora Abril, Editorial Antártica, Chile.

Acioli, José de Lima, Fontes de Energia, Editora Universidade de Brasília, 1994.

BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000.

BRASIL NUCLEAR, ano 8, número 22, jan-mar 2001.

Cadernos do Terceiro Mundo N° 218 Ano 2000 - Março/Abril

Cadernos do Terceiro Mundo 218 Cadernos do Terceiro Mundo 218

BRASILNUCLEAR, ANO 11, NÚMERO 27, SET/OUT - 2004 BRASIL NUCLEAR, ANO 11, NÚMERO 27, SET/OUT - 2004

BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000, Mar/Abr 2005, 16 DEMOCRACIA VIVA N° 26. N A C I O N A L - Marcelo Furtado* e Sergio Dialetachi, BRASIL NUCLEAR, ano 7, número 21, abr-jun 2000, BRASIL NUCLEAR, ano 8, número 22, jan-mar 2001, Dicionário Ilustrado de Ecologia; Revista Terra; Editora Azul.

Almanaque Abril 1997, ano 23, Editora Abril, Editorial Antártica, Chile.

Locais da Internet visitados:

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

<http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear09.htm>

<http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/ad34.htm> <http://www.>

[energiatomica.hpg.ig.com.br/ad36.htm](http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/ad36.htm) <http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/ad37.htm> <http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/pnp.html> http://www.cnen.gov.br/cnen_99/educar/energia.htm <http://www.nuctec.com.br/educacional/submarino.html>

<http://www.aben.com.br/texto/rev21/index.htm>

http://www.uol.com.br/cadernos/pesquisa-public/cadernos/cadernos_218_2.htm <http://planeta.terra.com.br/relacionamento/submarinosdobr/SubPropNuc.htm> <http://planeta.terra.com.br/relacionamento/submarinosdobr/Artigo45.htm> http://www.mar.mil.br/nomar/715_5.htm

http://www.coparh.com.br/visita_aramar.php <http://www.mct.gov.br/Temas/nuclear/evolucao.htm>

<http://www.inb.gov.br> http://www.eletronuclear.gov.br/novo/sys/interna.asp?IdSecao=7&secao_mae=2 <http://estado.estadao.com.br/edicao/pano/96/12/28/provs603.html>

<http://www.ilea.ufrgs.br/gifhc/>

<http://www.fafich.ufmg.br/~scientia/>

<http://www.mast.br/sbhc/inicio.htm>

Este documento foi impresso na gráfica da
ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA
Fortaleza de São João
Av. João Luís Alves, s/n - Urca - Rio de Janeiro - RJ
CEP 22291-090 - www.esg.br



ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA
CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS

O Centro de Estudos Estratégicos (CEE) atua como entidade permanente de estudos que permite pesquisar, formular e criar idéias pertinentes ao pensamento político estratégico brasileiro. Com isso, o CEE oferece oportunidade para debates e discussões com a sociedade e a produção de trabalhos a serem publicados pela Escola. As atividades do CEE voltam-se para o contínuo aperfeiçoamento da cultura e do pensamento político e estratégico brasileiro.

Os estudos, pesquisas e eventos promovidos pelo Centro de Estudos visam, principalmente, a discussão de questões político-estratégicas de interesse nacional. Se propõem também a estimular a criação de novos conhecimentos, que venham possibilitar o desenvolvimento de novos trabalhos teóricos.

Para o exercício de suas atividades, o Centro conta com a participação do corpo de professores da Escola, de convidados do meio intelectual, acadêmico, empresarial e integrantes da administração pública do país. A participação se desenvolve por meio de conferências, análise de temas em pauta, comentários sobre comunicações apresentadas, debates e com estudos sobre assuntos de interesse do Centro.

As atividades do CEE, mantendo-se fiel a tradição de mais de meio século de existência da Escola Superior de Guerra, têm como característica o completo afastamento de questões ideológicas e político-partidárias. Apenas questões de caráter nacional e internacional, de todas as áreas de pensamento, são objeto de discussão no Centro de Estudos.

O Centro de Estudos está aberto a relacionamentos com instituições acadêmicas, centros de estudos, com a sociedade em geral, e com todos aqueles que tenham a proposta de participar de atividades conjuntas.

ISSN 1808-947X



9 771 808 947 002

www.esg.br/cee
cee@esg.br