

## **ANEXO II**

# **Relatório sobre o workshop de Cientistas e Acadêmicos a respeito da conclusão de Angra III**

**Luiz Pinguelli Rosa**

**Mauricio Tiomno Tolmasquim**

**Organização: Ministério do Meio Ambiente  
Centro em Economia da Energia e do Meio Ambiente da  
COPPE/UFRJ  
Centro de Mudanças Climáticas da COPPE/UFRJ  
(Centro Clima)**

## I. Introdução

Este relatório tem como objetivo expor os elementos essenciais do debate sobre a conveniência de se concluir ou não a construção da usina Angra III. Na sua elaboração foram aproveitadas propostas apresentadas verbalmente no workshop e, principalmente, as contribuições por escrito preparadas pelos especialistas. Em muitos pontos do relatório são usados trechos desses documentos. Em outros, são aproveitadas idéias e propostas apresentadas verbalmente pelos debatedores.

O relatório tem sete partes:

- I) Introdução
- II) A energia nuclear no mundo
- III) O Programa Nuclear Brasileiro
- IV) Os custos de Angra III e da energia gerada por ela
- V) Angra III e os problemas relacionados com segurança e meio ambiente
- VI) O sistema energético brasileiro. Argumentos a favor e contra a conclusão de Angra III
- VII) A energia nuclear tem um caráter estratégico? Em caso positivo, isso por si só tornaria recomendável a conclusão de Angra III?

O quinto ponto – os problemas relacionados com a segurança e a contaminação do meio ambiente caso se conclua a construção de Angra III – foi tratado de forma separada pela relevância que tem a questão para o Ministério do Meio Ambiente.

O sétimo e último ponto – que trata da polêmica acerca do possível caráter estratégico da energia nuclear – foi incluído ao final, como item separado, porque toda a discussão acerca da construção de Angra III esteve influenciada, ainda que indiretamente, por ele. Por vezes, posições diferentes sobre a conveniência de se

concluir ou não a construção da usina tinham como ponto de partida diferentes visões sobre a importância da energia nuclear para o futuro do país e da Humanidade. Isso ficou patente quando alguns debatedores, ao defender a conclusão de Angra III, centravam sua argumentação na importância de que o país domine a tecnologia nuclear. E, da mesma forma, outros, ao combater Angra III, o fizeram com argumentos que iam muito além das questões que envolviam especificamente a construção daquela usina, contestando também a conveniência do desenvolvimento da energia nuclear, pelo menos no atual estágio de conhecimento sobre problemas que a cercam. Por isso, pareceu-nos importante explicitar minimamente essas posições para que o debate aparecesse em toda a sua riqueza.

## **II. A energia nuclear no mundo.**

A energia nuclear aparece para o mundo sob a forma das bombas nucleares em Hiroshima e Nagasaki, em 1945. A brutalidade das mortes em massa da população civil foi abafada pela euforia do fim da Segunda Guerra Mundial. Na década seguinte a energia nuclear foi usada em submarinos nucleares, enquanto se desenvolviam os reatores para a geração de energia elétrica. Nesta fase predominava a expectativa de que a energia nuclear num futuro próximo viesse a substituir os combustíveis fósseis com enorme vantagem.

No fim dos anos 60 e início da década de 70, ganharam corpo os movimentos ecológicos e pacifistas que levantavam sérias preocupações com os riscos da tecnologia nuclear. Como consequência, a aceitação social do uso da energia nuclear caiu. Mesmo assim, com os choques do petróleo em 1973 e 1979, chegaram a ser feitas projeções que apontavam para um enorme crescimento do uso da energia nuclear em substituição ao óleo combustível na geração de energia elétrica.

O auge da resistência à tecnologia nuclear se deu com os acidentes de Three Mile Island (TMI), nos Estados Unidos, em 1979, e de Chernobil, na antiga União Soviética, em 1986. No caso de Chernobil, o acidente foi de enorme gravidade: material radioativo chegou a se espalhar no meio ambiente, causando mortes e obrigando a evacuação da área num raio de dezenas de quilômetros.

Depois do primeiro desses acidentes, o de TMI, ainda em 1979, nenhuma nova encomenda de central nuclear foi feita nos Estados Unidos, que foram seguidos por Grã-Bretanha, Alemanha, Suécia e Bélgica nessa moratória nuclear. Apesar disso, países como França e Japão deram continuidade a importantes programas nucleares de geração de energia elétrica. E, mesmo nos países que participaram da moratória, seis usinas já existentes foram autorizadas a estender por mais 20 anos o seu tempo de operação, inicialmente previsto para 40 anos. Avanços tecnológicos, novas estratégias de carregamento dos reatores e modelos de engenharia mais precisos fizeram com que se considerasse possível estender esse tempo para 60 anos, o que implicou a expansão da geração termonuclear e um significativo aumento do retorno econômico do investimento realizado. Outras

80 usinas, em diferentes países, devem iniciar nos próximos dois anos o processo de licenciamento para a extensão de sua vida útil.

Nos anos 90, a discussão sobre o efeito estufa, intensificado pelo aumento da emissão de gases para a atmosfera -- entre eles o dióxido de carbono oriundo da queima de combustíveis fósseis -- fortaleceu novamente a opção da energia nuclear, que não emite gases de combustão, sendo portanto uma energia mais limpa.

Hoje, a energia nuclear representa cerca de 16% da matriz energética mundial. Países como Japão, China, Coreia e Índia têm programas nucleares de grande porte para curto, médio e longo prazos.

Além das 440 usinas nucleares em operação, estão em construção outras 30, que devem entrar em operação nos próximos cinco anos. E, além destas, já estão encomendadas 44 novas usinas.

Os países com o maior número de usinas nucleares em funcionamento são os Estados Unidos, com 104, a França, com 59, e o Japão, com 53, sendo que os dois últimos privilegiam a energia nuclear em suas matrizes energéticas.

### **III. O Programa Nuclear Brasileiro**

Desde a década de 50 o Brasil investe no desenvolvimento da energia nuclear através de programas autônomos. Em parte estimulado por uma iniciativa similar da Argentina, o Brasil decidiu construir sua primeira central nuclear no fim dos anos 60. Tendo optado pela tecnologia do urânio enriquecido, ficou dependente dos Estados Unidos para fornecê-lo. Em 1971, o Programa Brasileiro de Energia Nuclear entrou em sua fase comercial com a encomenda de Angra I, um reator de água pressurizada (PWR) de 657 MW, que hoje ainda está em operação, fabricado pela empresa americana Westinghouse.

Angra I sempre teve um funcionamento problemático. A própria construção da usina, que deveria terminar em 1977, levou o dobro do tempo esperado e ela apresentou sérios problemas durante sua fase de testes, após ter sido acionada em março de 1982. Esses problemas fizeram com que Angra I fosse fechada sucessivas vezes. Mas mesmo quando a planta esteve em funcionamento, a disponibilidade de hidreletricidade no país mostrava que a produção potencial de Angra I não era necessária.

Em 1999 o fator de carga da usina (percentual de eletricidade produzida em comparação à que teria sido gerada se ela estivesse operando continuamente a plena capacidade) era de apenas 29,1%, o que a deixava como a usina com o segundo pior desempenho no mundo. Esse nível de geração de energia reduzido faz com que os custos fixos da usina tivessem que ter sido amortizados num tempo bem superior ao previsto inicialmente, pois quando Angra I foi planejada havia a expectativa de que seu fator de carga atingisse 80%. É preciso que se diga, porém, que nos últimos anos o desempenho de Angra I tem melhorado bastante, embora ainda esteja muito abaixo da média mundial.

Quando do primeiro choque do petróleo, em 1973, os Estados Unidos suspenderam a garantia de fornecimento de urânio enriquecido ao Brasil, deixando vulnerável a opção brasileira ao adquirir a usina. Em resposta, o Brasil firmou em 1975 um ambicioso acordo nuclear com a Alemanha. A previsão inicial era a aquisição de oito grandes reatores, com 1.300 MW cada (o dobro de Angra I), até 1990, além da compra de instalações de ciclos de combustível, como uma

planta de enriquecimento de urânio. Mas só o primeiro reator desse pacote, Angra II, foi concluído. E, assim mesmo, apenas em 2000, 25 anos depois do início das obras para a sua construção. Seu custo totalizou algo entre US\$ 7 bilhões e US\$ 10 bilhões em valores atuais, se computados os juros pagos durante o período de construção.

Até 1983, o projeto de Angra III vinha sendo desenvolvido paralelamente ao de Angra II, embora com uma defasagem crescente devido à falta de recursos. Dificuldades financeiras do país fizeram, porém, com que fosse diminuído o ritmo de implantação do programa nuclear e, em 1986, decidiu-se concluir Angra II e interromper os trabalhos relativos à implantação de Angra III, que àquela altura já tinha equipamentos no valor de US\$ 750 milhões comprados. As demais usinas previstas quando da assinatura do acordo nuclear com a Alemanha não saíram do papel.

A empresa alemã responsável pela tecnologia dos reatores – em associação com a estatal brasileira Nuclebrás, agora extinta – foi a Siemens, presente também na área nuclear argentina. No Brasil interveio sua subsidiária nuclear, a KWU, também extinta hoje.

A Nuclen, uma subsidiária da Nuclebrás que se associou à Siemens, foi recentemente fundida com a parte nuclear de Furnas Centrais Elétricas, dando origem à estatal Eletronuclear. Assim, no lugar da Nuclebrás, existem hoje no Brasil a Eletronuclear, na construção e na operação dos reatores, e a Indústrias Nucleares do Brasil (INB) , no ciclo do combustível.

Foi criada ainda a Nuclep, para a fabricação de equipamentos pesados. Ela já forneceu equipamentos para Angra II, para a Marinha brasileira e para a planta Atucha II, na Argentina. Poderia fornecê-los também para Angra III, caso se decida terminar a sua construção.

Além da construção dos reatores, o acordo com a Alemanha envolvia o ciclo do combustível nuclear, tendo sido por isso alvo de enormes pressões por parte dos Estados Unidos. Mas o enriquecimento pelo processo adquirido, de jato centrífugo, semelhante ao usado na África do Sul, também de origem alemã, não funcionou. Assim, o reprocessamento -- o ponto mais visado pelas pressões norte-

americanas, por ser crucial para a obtenção do plutônio, que pode ser usado para bombas nucleares – não foi levado adiante.

Os magros resultados do acordo com a Alemanha levaram à implementação de um programa nuclear paralelo pelas Forças Armadas, inicialmente de forma secreta. Com o fim do regime militar, a existência desse programa veio à tona. Ele teve êxito no enriquecimento de urânio por centrifugação, projeto desenvolvido pela Marinha em parceria com a INB. O projeto incluía, além do enriquecimento do urânio, o desenvolvimento de um reator para submarino, tendo sido levado adiante no Centro da Marinha de Aramar, em São Paulo, onde se construiu o protótipo da usina de enriquecimento.

Também com o fim do regime militar veio à tona a existência de uma perfuração de cerca de 300 metros de profundidade e pouco mais de um metro de diâmetro na Base Aérea de Cachimbo, no interior do Pará. Um estudo da Sociedade Brasileira de Física concluiu que a perfuração se destinava a um teste nuclear. No governo do presidente Fernando Collor foi oficialmente reconhecido o projeto do teste nuclear, que foi cancelado publicamente, com a presença do próprio presidente na Base Aérea de Cachimbo. Não há qualquer sinal de que esse projeto, ou outro com objetivo semelhantes, tenha tido continuidade posteriormente.

#### **IV. Os custos de Angra III e da energia gerada por ela**

Em 1996, com a retomada da construção de Angra II, Angra III foi reincluída no Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico. No ano seguinte, um estudo de viabilidade de Angra III, realizado pela Eletronuclear, concluiu que o investimento necessário para a conclusão do empreendimento era de cerca de US\$ 1,77 bilhão. No fim de 1998, a Eletrobrás contratou trabalhos de consultoria de duas empresas internacionais – a Iberdrola e a Eletricité de France (EDF) – para, conjuntamente com o Cepel, fazerem uma avaliação do estudo da Eletronuclear.

As consultoras concluíram que Angra III era uma usina viável nas condições estabelecidas de rentabilidade e venda de energia previstas para as décadas seguintes, avaliando os custos para sua conclusão em US\$ 1,8 bilhão e US\$ 1,6 bilhão, respectivamente. Desses custos, 65% são dispêndios em moeda nacional e 35% em moeda estrangeira.

Os estudos foram também avaliados pelo Cepea da Universidade de São Paulo (USP) e pelo Eprí em conjunto com o OAK Ridge National Laboratory dos Estados Unidos, tendo ambas as análises corroborado seus resultados.

Como foi dito anteriormente, 70% dos equipamentos para Angra III, num montante avaliado em US\$ 750 milhões, já foram adquiridos. Assim, os valores previstos nos trabalhos de consultoria para a conclusão da usina não incluem o que já foi gasto na aquisição desses equipamentos.

Deve-se levar em conta, porém, que os custos previstos para a conclusão da usina podem aumentar substancialmente caso ela não seja concluída no prazo previsto, de cinco a seis anos. Vale lembrar que problemas relacionados com a interrupção da liberação de recursos fizeram com que Angra II, que tem uma estrutura semelhante à de Angra III, acabasse levando 25 anos para ser construída. Caso haja atrasos no cronograma da obra, seus custos fatalmente aumentarão, seja pela incidência de juros muito mais altos sobre o financiamento, seja por uma eventual deterioração de materiais estocados, seja pela obrigatoriedade de ajustes no projeto ou de substituição de equipamentos já adquiridos para atender a novas exigências de segurança que porventura venham a ser estabelecidas por organismos internacionais.

Para que se tenha uma idéia, em 1995 Angra II foi considerada por várias fontes como estando de 70% a 75% pronta, tendo custado US\$ 2,9 bilhões, excluindo-se os juros sobre o principal. Mas, quando se consideram as interrupções nas obras de construção, esses dados são pouco significativos no que toca a prazos e custos de produção remanescentes. Em 1992, os custos de conclusão de Angra II foram estimados em mais US\$ 1,2 bilhão e se previa que ela estivesse em operação em 1998. Entretanto, a usina levou mais cinco anos para ser concluída após a retomada das obras, em 1995 – o mesmo tempo que o Japão levou para construir uma central nuclear a partir de meros esboços.

Com esses antecedentes, não deixam de ser procedentes as dúvidas acerca do cumprimento de estimativas sobre prazos e custos na indústria nuclear brasileira. Mas por outro lado, como Angra III é um modelo semelhante a Angra II, é razoável considerar-se que alguns problemas vividos na construção desta última não devem se repetir, dada a experiência adquirida pela Eletronuclear.

Vale, ainda, lembrar para efeito de comparação que com o maior valor estimado na consultoria para a conclusão de Angra III (US\$ 1,8 bilhão), se poderia construir uma termelétrica a gás de 2 GW num prazo de três anos, em vez de se ter 1,3 GW com Angra III, que levaria seis anos para ser construída. Ou ainda se poderia construir uma hidrelétrica de 2,2 GW em prazo análogo ao da usina nuclear.

No tocante ao preço da energia gerada por Angra III, também não é fácil fazer-se uma estimativa precisa, pois ele vai depender diretamente dos custos de construção da usina. Mas considerando-se que ela seja construída em seis anos pelos valores previstos nos trabalhos de consultoria, e, portando, usando-se estimativas da própria Eletronuclear para o custo da energia gerada por Angra III, ter-se-ia a situação mostrada no quadro abaixo:

### **As diferentes alternativas de geração de energia e suas características**

Alternativa	Investimento R\$ / kW	Tempo de construção	Tempo de vida	Taxa de retorno	Custo da energia
<b>Hidrelétrica</b>	1.513	4 anos	35 anos	10% aa	60 R\$ / MWh
<b>Gás natural</b>	1.600	2 anos	20 anos	18% aa	89 R\$ / MWh
<b>Angra 3 (1)</b>	2.559	6 anos	30 anos	10% aa	66 R\$ / MWh
<b>(2)</b>	3.485	6 anos	30 anos	10% aa	82 R\$ / MWh

Como se pode ver, no quadro são apresentadas duas alternativas em relação a Angra III. Na primeira (1) não está incluído o investimento já feito na usina. Na segunda (2), esse investimento é considerado.

Com a mesma taxa de retorno para as alternativas hidrelétrica e nuclear (10% ao ano), o custo da energia gerada por uma hidrelétrica (60 R\$ / MWh) fica abaixo do da gerada por Angra III (66 R\$ / MWh ou 82 R\$ / MWh, conforme o caso)

Por outro lado, custo da energia gerada pela usina nuclear em qualquer das duas situações é menor do que o da energia gerada por uma termelétrica (89 R\$ / MWh), pelo fato de o gás importado da Bolívia ser pago em dólares em regime *take or pay*.

De qualquer forma, parece inegável que há dificuldades para se fazer uma estimativa minimamente sobre os custos e os prazos para a conclusão de Angra III. Mesmo deixando-se de lado a hipótese – que, a rigor, não pode ser descartada – de interrupção dos desembolsos do governo por conta de dificuldades financeiras, haveria ainda outros fatores a analisar:

1. É preciso uma verificação da qualidade das obras já concluídas e do estado do equipamento estocado, que em parte pode ter-se deteriorado;
2. É possível que haja necessidade de obras adicionais ou de substituição a outras já feitas, para que a usina se possa adequar a novas normas regulatórias;

3. Não é impossível que os setores diretamente envolvidos na construção e na operação da usina, influenciados pelo entusiasmo, tendam a avaliar de forma demasiado otimista o prazo (e, portanto, os custos) para a conclusão da obra. Como, no caso, há muitas variáveis que são de fato de difícil previsão, existe naturalmente um campo maior para a influência de aspectos subjetivos nas análises

A própria experiência internacional demonstra que projetos de terminos de plantas nucleares – na Ucrânia, na República Tcheca, na República Eslovaca e nos Estados Unidos – apresentaram todos problemas sérios para estimativas mais precisas de custos e prazos de conclusão, depois de um período em que as obras foram paralisadas.

## **V. Angra III e os problemas relacionados com segurança e meio ambiente**

É inegável que, em operação normal, as usinas nucleares são uma das formas de geração de energia elétrica menos agressivas ao meio ambiente. Não produzem CO<sub>2</sub> ou quaisquer outros gases causadores do efeito estufa, assim como não produzem dióxido de enxofre ou óxidos de nitrogênio, causadores das chuvas ácidas. A simples existência das usinas nucleares em operação no mundo evita a emissão de 2,2 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> ao ano para a atmosfera, que ocorreria caso uma energia equivalente fosse produzida por termelétricas.

Ainda assim, problemas ligados ao meio ambiente e à segurança ocupam papel central no debate sobre as usinas nucleares. Esses problemas são basicamente de dois tipos:

1. Os que advêm das conseqüências de acidentes numa usina nuclear. Eles podem ser gravíssimos, ainda que tenham uma probabilidade baixa de ocorrer. Mas, a simples possibilidade de que ocorram representa inegavelmente um risco alto no uso da energia nuclear.
2. Os que advêm dos dejetos radiativos. O que fazer com esses dejetos, produzidos durante a geração de energia elétrica numa usina nuclear, é um problema ainda não plenamente resolvido. As soluções existentes são, até o momento, provisórias.

O mundo conheceu dois acidentes graves com usinas nucleares: em 1976, em TMI, e em 1986 em Chernobil. Depois desses acidentes, houve mudança de vários sistemas de controle e interface entre os reatores e seus operadores, medidas para aumentar a segurança foram implementadas e novas regras internacionais de segurança foram introduzidas. No próprio Brasil, foi necessário modificar o sistema de Angra I, para compatibilizá-lo com os novos padrões estabelecidos internacionalmente depois do acidente em TMI, projeto que foi feito pelo Coppe. De qualquer forma, há hoje certa concordância entre os especialistas em que o risco associado à liberação de radioatividade no meio ambiente, devido a acidentes numa usina nuclear, é bastante baixo.

Ainda assim, como se verá mais adiante – quando da enumeração de providências necessárias para aumentar a segurança de Angra I e Angra II, assim como a de Angra III, caso esta venha a ser concluída – seria conveniente a implementação de outras ações para a prevenção de acidentes.

A análise do grau de segurança das usinas nucleares em geral é baseada em métodos estatísticos para a determinação da probabilidade de acidentes e na quantificação do risco associado a eles. Nos últimos 44 anos, com 9.200 reatores-ano de operação acumulada, ocorreram apenas dois acidentes sérios. Ambos resultaram da combinação de fatores relacionados com falhas de componentes e erros humanos, e, como já foi dito, levaram à implementação de novas medidas de segurança.

No caso das duas usinas nucleares já funcionando em Angra dos Reis, a área de sua influência (15 quilômetros) tem sido permanentemente monitorada segundo padrões internacionais, constatando-se que a presença das usinas não alterou o ecossistema, seja do ponto de vista convencional, seja do ponto de vista radiológico. Desde 1978 funciona na região o Laboratório de Monitoração Ambiental, mantido pela Eletronuclear, que realiza atividades para o acompanhamento da preservação do meio ambiente. O laboratório faz a monitoração radiológica da água, do solo, do ar e de animais. Monitora também a influência da água utilizada pelas usinas nucleares sobre as populações marinhas. Mede parâmetros físicos e químicos da água ao redor das usinas, e mantém controle da água que abastece as centrais, das praias locais, da qualidade química do mar e da eficiência das estações de tratamento de esgotos.

Esses estudos constataram que a região em torno das usinas Angra I e Angra II apresenta os mesmos níveis de radiação existentes antes de as unidades existirem.

Do ponto de vista do controle da atividade nuclear, para que esta não seja dirigida para a fabricação de bombas atômicas, Brasil e Argentina tem um programa bilateral que, segundo opinião geral, tem funcionado bastante bem. Nele, argentinos participam de inspeções no Brasil e brasileiros fazem o mesmo trabalho na Argentina. Foi, ainda criada, a Agência Brasileira Argentina de

Contabilidade e Controle de Material Nuclear (Abacc), com a participação da Agência Internacional de Energia Atômica (Aiea). Além disso, Brasil e Argentina assinaram o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP). Deve-se ainda lembrar que a Constituição brasileira de 1988 proíbe a utilização da tecnologia nuclear para armas militares.

O armazenamento dos rejeitos radioativos é o outro grande problema relacionado com a segurança das usinas nucleares. Estas produzem rejeitos de baixa e média atividades, retirados continuamente dos reatores, e também rejeitos de alta atividade, oriundos do combustível queimado ou do reprocessamento, caso este seja feito. Do reprocessamento obtém-se:

- a) Restos de urânio, que podem ser reutilizados no enriquecimento ou em reatores a urânio natural, pois contêm 1% de U-235, percentual maior do que o urânio natural;
- b) Plutônio, que, além de poder ser usado em reatores, é matéria prima para bombas nucleares, constituindo por isso mesmo um item sensível da proliferação nuclear.
- c) Rejeitos radioativos, que sobram em menor volume e podem ser vitrificados e levados para cavernas.

Não há uma solução definitiva para o depósito dos rejeitos de alta atividade, que têm permanecido em piscinas nas proximidades das usinas. Mas por enquanto seu volume ainda é relativamente baixo, o que torna menos urgente a necessidade de uma solução definitiva para o problema.

Os rejeitos de baixa e média atividade são processados e armazenados em tambores, sob a responsabilidade da operadora -- no caso brasileiro, a Eletronuclear. No futuro esses resíduos deverão ser levados para um local definitivo, sob a responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

De qualquer forma, embora os defensores da tecnologia nuclear asseverem que a disposição dos resíduos radioativos não constitui um problema insuperável, mesmo no momento, é inegável que ainda não se encontraram

alternativas definitivas para o que fazer com eles. Assim, se em operação rotineira as usinas nucleares pouco agridem o meio ambiente, fica para as futuras gerações a tarefa de encontrar uma solução segura para o problema dos rejeitos radioativos.

No debate surgiram propostas relacionadas com o aumento da segurança e a proteção do meio ambiente na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, onde estão instaladas Angra I e Angra II:

1. Necessidade de solução de problemas técnicos relativos à segurança de Angra I, cujo funcionamento terá que ser interrompido para a troca dos geradores de vapor devido à corrosão avançada que eles sofreram;
2. Necessidade de um plano de emergência externo operacional para Angra I e Angra II, que estão operando sem plano de evacuação efetivo. Além disso, o plano existente teve reduzido seu raio de 15 quilômetros para cinco quilômetros, o que exclui de sua abrangência a cidade de Angra dos Reis.
3. Necessidade de uma solução imediata para a destinação final dos rejeitos de baixa e média intensidade de Angra I e Angra II, que estão sendo acumulados num depósito transitório na central em Angra;
4. Necessidade de uma definição acerca da destinação final dos rejeitos radioativos de alta atividade de Angra I e Angra II, e, se for o caso, de Angra III;
5. Necessidade de rediscussão do projeto do prédio de contenção de Angra III, em face da possibilidade de colisão de um avião, já que a espessura da parede no caso de Angra II foi reduzida de 1,20 metro para 0,60 metro, em relação ao projeto do reator alemão de referência. Esta providência se faz ainda mais necessária depois dos recentes atentados terroristas nos Estados Unidos, em que foram usados aviões para atingir alvos.

**VII. O sistema energético brasileiro. Argumentos a favor e contra a conclusão da usina Angra III**

Algo que ficou claro no debate é que a discussão sobre Angra III deve ser travada no bojo de um debate mais amplo sobre a matriz energética para o Brasil. Apesar de este debate ir além dos objetivos do presente trabalho, algumas idéias sobre ele poderiam ajudar na discussão acerca da conveniência ou não de se concluir Angra III. Assim, mesmo correndo o risco de repetir informações já contidas no presente relatório, vale a pena apresentar, ainda que de forma esquemática, uma comparação entre vantagens e desvantagens das diferentes fontes para geração de energia elétrica em larga escala.

### **Comparação entre as principais formas de geração de energia:**

	<b>Hidrelétricas</b>	<b>Termelétricas</b>	<b>Nuclear</b>
<b>Investimento</b>	Maior	Menor	Intermediário
<b>Custo de energia</b>	Menor	Maior	Intermediário
<b>Tempo de construção</b>	Maior	Menor	Intermediário
<b>Tempos de vida</b>	Maior	Menor	Intermediário
<b>Impacto ambiental</b>	(1)	(2)	(3)

(1) Inundação das áreas de reservatórios, construção de barragens afetando famílias já assentadas no meio rural, assim como áreas produtivas ou florestas.

(2) Poluição atmosférica, que contribui para doenças pulmonares e cardíacas na população, podendo causar mortes; contribuição para o aparecimento de chuvas ácidas, que atingem a natureza; contribuição para o efeito estufa, que aquece o planeta causando inclusive mudanças climáticas.

(3) a) Riscos de acidentes nucleares que, embora improváveis, podem ser gravíssimos. Caso a radioatividade liberada na atmosfera atinja alguns milhões de habitantes, milhares de pessoas podem morrer de câncer.

- b) Necessidade de armazenamento com segurança, por milhares de anos, de rejeitos radioativos de alta atividade.

No debate houve concordância com o fato de que, nas condições brasileiras, em que 95% da geração de energia vêm de hidrelétricas, qualquer discussão sobre a matriz energética tem que levar em conta essa premissa e não tentar violentá-la. A partir daí, porém, as opiniões se dividiram:

#### **a) Argumentos favoráveis à conclusão de Angra III.**

Os defensores de Angra III argumentam que, ao contrário do que muitos pensam, a energia nuclear é segura. Lembram que nos últimos 44 anos, com 9.200 reatores-ano de operação acumulada, ocorreram apenas dois acidentes sérios. Ambos resultaram da combinação de fatores relacionados com falhas de componentes e erros humanos, que, como já foi dito anteriormente, levaram à implementação de novas medidas de segurança capazes de evitar a repetição dos problemas.

Argumentam, ainda, que quando se pensa em questões de natureza ética na geração de energia há uma tendência em superdimensionar os problemas potencialmente trazidos pela energia nuclear e, por outro lado, minimizar problemas trazidos sempre que se utilizam termelétricas ou hidrelétricas. Lembram que, das formas utilizadas de geração de energia elétrica, em operação normal a nuclear é sabidamente das menos agressivas ao meio ambiente, principalmente por não emitir gases como CO<sub>2</sub> ou qualquer outro responsável pelo efeito estufa e pelas chuvas ácidas. E citam o fato de que as usinas nucleares em funcionamento evitam a emissão de 2,2 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano na atmosfera.

Aliado a isso – dizem os defensores de Angra III -- deve ser levado em conta que, com a conclusão da usina seriam agregados 1.309 MW à atual oferta de energia do país, o que não pode ser desprezado, mais ainda quando o Brasil

vive uma crise nessa área e é sabido que a expansão do setor elétrico deve andar sempre à frente do crescimento da economia.

Também a importância da expansão da base de recursos energéticos é lembrada como um elemento importante para proporcionar maior garantia na oferta da energia elétrica. Por mais que a atual crise não tenha sido gerada principalmente pela falta de chuvas – dizem os defensores de Angra III -- seria arriscado depender unicamente de hidrelétricas que, por sua vez, necessariamente dependem dos índices pluviométricos.

Além disso, um país como o Brasil, em que não há abundância de recursos, não poderia abstrair o fato de que a maior parte dos equipamentos para Angra III já está comprada (num valor de US\$ 750 milhões) e que 30% das obras preparatórias para a usina já foram executadas. Se é verdade que esses dados não podem determinar a decisão a ser tomada, tampouco poderiam ser ignorados.

Argumentam, ainda, os defensores de Angra III que novas possibilidades de se ampliar a geração de energia foram desenvolvidas recentemente no país, mas as expectativas de se atender à demanda crescente por meio da construção de plantas de ciclo combinado a gás natural (CC) têm se mostrado mais onerosas do que se pensava anteriormente. Por isso, sem garantias e sem um apoio maciço do Estado, novos investidores não têm se mostrado suficientemente ativos na ampliação da capacidade de geração de energia.

Outro argumento lembrado é que, ao contrário do gás usado em termelétricas na complementação da geração da energia necessária para o país, que é importado e pago em dólares, a matéria prima para a geração da energia nuclear é o urânio, do qual o Brasil tem a sexta maior reserva do mundo.

Por outro lado – dizem também os defensores de Angra III -- não se pode discutir Angra II partindo do princípio de que problemas de natureza técnica ocorridos com Angra II e Angra I se repetirão. No caso desta última usina, até pelo fato de ela ser de um modelo inteiramente diferente. No caso da primeira, porque há uma experiência acumulada que seguramente poderá evitar a repetição de muitos problemas de natureza técnica.

A conclusão de Angra III daria, ainda -- segundo os que a defendem -- melhores condições para se preservar as equipes técnicas e o conhecimento acumulado no país sobre energia nuclear, que é em grande medida fruto dos investimentos feitos em Angra I e Angra II. Se o Brasil dispõe, hoje, de profissionais capacitados para atuar em todas as fases de projeto, construção e operação de centrais nucleares do tipo PWR é graças ao esforço desenvolvido na implantação de Angra I e Angra II e isso é, inegavelmente, um patrimônio do país. Segundo os defensores de Angra III, sua conclusão permitiria dar prosseguimento a esse esforço, não só de formação de um significativo potencial humano, mas de construção de uma infra-estrutura relativamente expressiva para um país em desenvolvimento, como o Brasil.

Foram também lembrados no debate o suporte tecnológico para o conhecimento da tecnologia nuclear construído ao longo das últimas décadas nas universidades brasileiras, e a existência atualmente de cinco programas de pós-graduação em ciência e engenharia nuclear em universidades brasileiras.

#### **b) Argumentos contrários à conclusão de Angra III.**

Os especialistas que defendem maiores investimentos em hidrelétricas, em vez da conclusão de Angra III, lembram que o atual racionamento de energia não é devido principalmente à falta de chuvas, mas a uma política que ignorou aspectos técnicos fundamentais. Com isso, foi abandonado o planejamento da expansão do setor elétrico, que ficou ao sabor do mercado, e os investidores estrangeiros foram estimulados a comprar empresas estatais já em funcionamento. Assim, deixou-se de lado a construção de novas usinas e de linhas de transmissão de energia que, mesmo com a falta de chuvas, poderiam ter evitado o racionamento. A própria criação da Eletronuclear foi relacionada à necessidade de desmembrar a parte nuclear de Furnas -- parte esta que pela Constituição não poderia ficar com o capital privado -- para permitir a privatização do restante da empresa, posição, por sinal, hoje já bastante questionada. A

solução de se deixar sob a responsabilidade de uma mesma empresa, a Eletronuclear, a geração da energia nuclear (antes a cargo de Furnas) com a produção de reatores (antes a cargo da Nuclen), é altamente discutível. A legislação da Alemanha, por exemplo, país que é nosso parceiro nessa área, aponta para a necessidade de separação dessas atividades, pois o utilizador dos reatores ajuda a fiscalizar o trabalho do fabricante, e vice-versa.

Assim, os especialistas contrários a Angra III argumentam que o melhor caminho seria aprofundar os investimentos em hidrelétricas, aproveitando o fato de o potencial brasileiro nesta área ainda não estar esgotado. Com isso, se deveria abrir mão do objetivo de diversificar de forma significativa a matriz energética através da conclusão da usina, considerando que a diversificação das fontes de geração de energia pode ser uma opção em certos casos, mas não é uma necessidade dentro de um planejamento global do sistema elétrico. Um forte argumento apresentado pelos adversários de Angra III é que a diversificação das fontes de geração de energia só traz benefícios nos casos em que aumenta a segurança e a confiabilidade do sistema, substituindo uma fonte pouco confiável por outra mais confiável, o que não seria o caso do Brasil.

Lembram, ainda, os adversários de Angra III que o próprio debate sobre a conveniência da conclusão da usina nuclear deve ser travado independentemente da atual crise energética. Afinal, ainda que se resolva concluir a usina, ela não entraria em atividade senão em cinco ou seis anos, na melhor das hipóteses. Assim, não pode ser apontada como solução para os atuais problemas com os reservatórios das hidrelétricas.

Por isso --- insistem os adversários de Angra III -- a aceleração da construção das hidrelétricas já licitadas é uma melhor opção para o médio prazo. E, a longo prazo, novos investimentos para otimizar o potencial hidrelétrico brasileiro poderiam ser, também, uma alternativa melhor do que a construção de usinas nucleares.

Os especialistas que defendem esta posição argumentam, ainda, que devidos aos seus baixos custos operacionais, as hidrelétricas devem sempre operar em detrimento de outras opções de geração de energia por meio de

combustíveis de origem fóssil ou nuclear. De outro lado, as usinas nucleares não devem ser alternativas complementares num sistema integrado de geração de energia elétrica, papel que lhe estaria sendo dado pelos defensores de Angra III, ao vê-la suprimindo lacunas na oferta de energia produzida por hidrelétricas -- que necessariamente varia conforme as estações e de ano para ano. De fato, é dessa forma que têm funcionado no Brasil as centrais Angra I e Angra II e as usinas a combustível fóssil, cuja operação serve para suprir uma pequena parcela da demanda não atendida pelas hidrelétricas, que é em torno de 5%. Como a demanda não atendida pelas hidrelétricas é inevitavelmente intermitente, a rigor esse papel de complementação que é dado às centrais de geração nuclear (e é visualizado para Angra III) não se ajusta, nem física nem economicamente, às suas características.

Em suma -- argumentam os adversários de Angra III -- num sistema integrado de geração de energia, a geração nuclear teria que ser vista como base e jamais como complementação. E no caso brasileiro, pelas características naturais do país e pelos investimentos já realizados -- não há quem diga que a base deva deixar de ser as hidrelétricas.

Nessa linha de argumentação, para os adversários de Angra III nem mesmo as termelétricas que funcionam com gás importado da Bolívia são a melhor opção para a complementação da oferta de energia, dado que a maior parte de seus custos é em dólar -- o que tem um impacto sobre a balança de pagamentos e com a desvalorização do real vem encarecendo mais e mais a energia gerada.

Assim, ao lado de novos investimentos em hidrelétricas, os adversários de Angra III lembram como opção a ser examinada o aumento do uso da cogeração, aproveitando-se o fato de que parte significativa da indústria utiliza vapor ou calor em seu processo de produção. A eletricidade produzida atenderia parcial ou totalmente as necessidades da fábrica, podendo ainda ser vendida, como acontece hoje com a Companhia Siderúrgica Nacional. A favor desta opção está o fato de que esquemas de cogeração podem ser construídos rapidamente e em escalas relativamente pequenas, a um custo baixo.

Outra alternativa de complementação lembrada é o uso da biomassa, principalmente do bagaço da cana, mas também do lixo urbano. No caso do bagaço da cana haveria ainda a vantagem adicional de que o período da safra coincide com o da falta de chuvas, permitindo uma complementação harmônica com as hidrelétricas.

Foram lembradas, também, como alternativas de complementação as energias solar e eólica, que têm um uso ainda insipiente no país, mas que não exigem grandes investimentos. Por fim – e isso pareceu ser uma posição defendida por todos – defendeu-se a necessidade de um programa de conservação da energia, o que não deve ser confundido com racionamento.

Por isso tudo, os adversários de Angra III afirmam que, num país carente de recursos para necessidade básicas, os investimentos necessários para a conclusão de Angra III seriam mais bem utilizados em outras fontes de geração de energia. Como a legislação brasileira impede a privatização de instalações nucleares, é inevitável que o financiamento para a conclusão de Angra III seja feito com recursos públicos. Assim os adversários de Angra II perguntam se a conclusão da usina -- que não é a melhor solução para enfrentar a crise de energia -- é mesmo a melhor forma de se utilizar recursos da ordem de quase US\$ 2 bilhões (isso, caso as mais otimistas previsões se cumpram).

Mais ainda – insistem eles -- quando ninguém pode prever, com um mínimo de exatidão, os custos reais para a construção da usina e o tempo em que esta seria concluída. Ou, ainda, garantir que, ao longo dos cinco ou seis anos previstos hoje para a conclusão de Angra III, os recursos destinados a este fim não serão desviados pelo governo, seja para outros investimentos na geração de energia, seja para setores prioritários e ainda insuficientemente atendidos, como saúde e educação.

**VIII. A energia nuclear tem um caráter estratégico para o Brasil? Em caso positivo, isso por si só tornaria recomendável a conclusão de Angra III?**

Como foi dito na introdução, diferentes visões a respeito da importância da energia nuclear permearam o debate e influenciaram a posição dos especialistas a respeito da conclusão de Angra III. Daí a decisão de encerrar o relatório com um capítulo – mesmo que curto – trazendo esta discussão.

Uma constatação inegável -- com a qual concordam defensores e adversários da energia nuclear -- é que ela representou algo novo para a Humanidade. Afinal, cada grama de urânio-235 equivale a mais de uma tonelada de carvão ou de petróleo do ponto de vista da capacidade de gerar energia.

Apesar disso, os horrores da bomba atômica e as graves conseqüências de um acidente com a energia nuclear logo dividiram as opiniões. De fato, a energia nuclear, ao mesmo tempo em que poderia abrir um campo vastíssimo para a ciência, traz a possibilidade de desenvolvimento de armas que podem destruir o planeta e, para seu aproveitamento pacífico, tem problemas ainda não solucionados. Estima-se que dejetos de alta atividade tenham que ficar isolados por cerca de dez mil anos. Alguém pode, em sã consciência, dizer como se fará para guardá-los em segurança todo esse tempo? Por outro lado, não é razoável supor que a ciência encontrará uma solução para o problema, hoje de aparência tão assustadora? A rigor, as duas perguntas tem sentido.

Defensores da energia nuclear afirmam que ela é considerada no mundo todo, e em particular no chamado Primeiro Mundo, como uma tecnologia estratégica. Isso significa que sua importância vai muito além do simples aspecto de competitividade econômica para a geração de energia elétrica, dado que a densidade energética do combustível nuclear é da ordem de milhões de vezes superior à dos combustíveis químicos e infinitamente maior do que a das forças gravitacionais. Este fato faz com que o domínio e o controle dessa energia demande um esforço da Humanidade em técnicas para a sua utilização segura, e que sua conquista seja inquestionavelmente um dos maiores desafios que o homem tem encontrado na sua História para tentar controlar as forças naturais em benefício da qualidade de vida de sua espécie. Ignorá-la ainda na sua infância pelas dificuldades e desafios seria demonstrar uma visão obscura e estreita,

comparável à dos piores anos da Idade Média, pois a médio e longo prazo a força nuclear será a principal responsável pelo fornecimento de energia para a Humanidade.

Já os que resistem à utilização da tecnologia nuclear no momento lembram que questões como segurança, proteção ambiental e aspectos éticos estão no cerne das decisões relacionadas a seu uso. Argumentam que os riscos de danos ambientais mais visíveis advêm da possibilidade de acidentes nucleares, que podem resultar em conseqüências gravíssimas. Mas lembram também que, segundo o Princípio do Poluidor Pagador, aqueles responsáveis pelos impactos ambientais devem ser responsabilizados pelas suas conseqüências. E esse princípio não pode ser aplicado integralmente no caso da geração nuclear, devido ao longo tempo de vida dos poluentes gerados. Assim, necessariamente a decisão de operar uma planta nuclear exige um julgamento ético sobre o fato de os consumidores atuais atribuírem pesadas responsabilidades às futuras gerações. É perguntam os adversários da tecnologia nuclear: é moralmente aceitável atribuir estas tarefas às gerações futuras, especialmente quando ainda não está claramente demonstrado que as soluções para elas são factíveis com mínimos riscos ocupacionais e para a população em geral?

A estas considerações de natureza mais geral, soma-se outra, diretamente vinculada à construção e à operação de usinas nucleares no país. Ainda que o Brasil tenha firmado o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) e a Constituição proíba a fabricação da bomba atômica, construir Angra III ajudará a preservar e desenvolver capacitação tecnológica e, em alguns casos, levará também à construção de instalações como plantas de enriquecimento de urânio e plantas de reprocessamento de combustível, que têm direta aplicação na produção de armas nucleares. É moralmente justificável construir a usina sabendo-se que um futuro governo poderia se utilizar da capacitação tecnológica adquirida e das instalações construídas para desenvolver a bomba atômica?

O pouco dito até aqui neste capítulo mostra como a decisão de se concluir ou não Angra III está relacionada a uma questão mais geral: o país vê ou não como estratégica a tecnologia nuclear?

Mas mesmo isso não esgota o problema. Resta uma outra questão, que também não está respondida: caso o Brasil considere a tecnologia nuclear como algo estratégico, que política terá nesse campo? E que papel ocuparia nessa política a construção de Angra III? Considerar que o país deve lutar para dominar a tecnologia nuclear tem como consequência a decisão de que a construção de Angra III deve ser concluída? Ou mesmo que seja importante para o país desenvolver o conhecimento da tecnologia nuclear, não necessariamente isso leva à necessidade de conclusão de Angra III?