

# PROSPECTIVAS E ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

## Parte II

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

---

### SUMÁRIO

#### Parte I

##### **FONTES E VETORES DA ENERGIA**

Conceito de energia  
Formas de Energia  
Transformações entre as formas de energia  
Utilização da energia  
Fontes naturais de energia armazenada química  
Fontes naturais de energia armazenada nuclear  
Fontes naturais de energia livre  
Sistemas energéticos

##### **USOS DA ENERGIA NUCLEAR**

Usos bélicos  
Usos pacíficos  
Não-proliferação nuclear  
Bomba atômica de fissão  
Usos controversos  
Eletricidade: vetor da energia nuclear

##### **ELETRICIDADE NUCLEAR:**

###### **a vantagem econômica**

Custo de produção do quilowatt-hora  
Custo de instalação do quilowatt-hora  
Funcionamento da central e disponibilidade

Custo de operação  
Custo do combustível  
Comparação de custos econômicos de produção

#### Parte II

##### **ELETRICIDADE NUCLEAR: uma necessidade em escala mundial**

Explosão demográfica  
Demanda de energia no mundo  
Degradação do meio-ambiente  
Risco de "não-energia"  
Única resposta possível: a mobilização de todos os recursos  
Eletricidade nuclear hoje  
Papel da energia nuclear

##### **ELETRICIDADE NUCLEAR: uma necessidade da Política Energética Nacional**

Situação energética nacional atual  
Perspectivas demanda para o próximo século  
Parque nuclear nacional  
Papel da energia nuclear no momento político atual  
Energia nuclear nacional do futuro

## ELETRICIDADE NUCLEAR: UMA NECESSIDADE EM ESCALA MUNDIAL

*“Os rápidos avanços tecnológicos do século XX têm sido possíveis graças a um formidável incremento em nosso consumo da energia que produzem as fontes terrestres. Quando as nações subdesenvolvidas, com seus bilhões de habitantes, se incorporarem aos países industrializados, compartilhando seu alto nível de vida, o combustível se consumirá em proporções ainda mais espetaculares. Onde o gênero humano encontrará as reservas de energia requeridas para sustentar semelhante civilização?”*

ISAAC ASIMOV  
in “The New Guide to Science”

### Explosão demográfica

Vinte e cinco anos já se passaram desde que o sinal de alarme foi acionado pelo relatório Meadows publicado pelo Clube de Roma sobre o futuro do nosso planeta. Este relatório fez com que todos tomassem consciência de que nenhum crescimento poderia durar muito num ritmo exponencial, que nosso mundo não era ilimitado e que todos nós somos solidários no seu destino. Em 1970, 3,6 bilhões de homens viviam sobre nossa Terra; eles ultrapassaram 5 bilhões em 1997 e são algo mais que 6 bilhões no ano 2000. Para 2020, a ONU avalia em 8 bilhões a população

do nosso planeta, na hipótese de um efetivo controle de natalidade na quase totalidade dos países do mundo.

Exceto se considerarmos uma epidemia tão mortífera quanto foi a peste negra na Idade Média, somente o envelhecimento aumentará a população de mais da metade em menos de uma geração.

Previsões para futuros mais distantes seriam muito pouco confiáveis. É certo, entretanto, que a população mundial se estabilizará durante o próximo século. Quando e a que nível? Certas previsões consideram uma faixa de população entre 10 e 15 bilhões para o ano 2100.

### Evolução da População e do Consumo de Energia

Ano	População (Bilhões)	Consumo (Milhões de TEP)
1800	1,0	50
1850	1,3	400
1900	1,9	1700
1950	2,5	3000
1990	5,0	8000
2020	8,3	?

Às portas do século XXI, após os espetaculares avanços sociais proporcionados pelas revoluções científicas e tecnológicas deflagradas ao longo do século XX que se finda, 5.479.000.000 de seres humanos pululam neste nosso planeta, que cada vez parece menor, produzindo anualmente bens e serviços avaliados

monetariamente em US\$ 22.463.900.000.000 e consumindo para esta produção, bem como para a sua sobrevivência e bem-estar, 7.944.550.000 Toneladas-Equivalentes de Petróleo (TEP) de energia primária, das quais cerca de 13% são transformados na forma secundária mais prática e nobre que constitui a eletricidade.

### Indicadores Globais (1993)

	Total	Per capita
Área* (milhares de Km <sup>2</sup> )	135.830	41 hab/km <sup>2</sup>
População (milhões de habitantes)	5.479	-
Produto Interno Bruto (bilhões de US\$)	22.464	4.100 US\$/hab.
Energia Primária (milhões de TEP)	7.945	1,45 TEP/hab
Energia Elétrica (milhões de MWh) (milhões de TEP)	11.948 1.028	2,23 MWh/hab. 0,19 TEP/hab

\* excluída a Antártica

### Demanda de energia no mundo

No mundo de hoje, assim como no de amanhã, os homens cada vez mais numerosos aspiram ao bem-estar, ao progresso e à segurança. As técnicas agrícolas, industriais e médicas existem para responder aos seus anseios. Mas para isto é necessário que nosso mundo disponha de energia, e sem destruir o meio ambiente.

Atualmente, o consumo mundial anual de energia comercializada é de cerca de 8 bilhões

de TEP. Este valor, entretanto, dissimula desigualdades flagrantes, que se tornam paulatinamente insuportáveis: um habitante médio da América do Norte consome mais de 7 TEP por ano, o europeu médio um pouco mais de 4 TEP, o que representa dez vezes mais do que dispõe um africano.

Os índices médios de produção e o consumo de energia, que incontestavelmente constituem parâmetros relativos de avaliação do bem-estar social, dissimulam uma distribuição altamente desigual, onde somente cerca

de 1 bilhão de pessoas, isto é, cerca de 15% da população mundial, vivendo nos países desenvolvidos e em "ilhas" de prosperidade nos demais países, desfrutam de um nível de vida aceitável, compatível com a dignidade humana preconizada pela civilização moderna moldada pela ciência e tecnologia desenvolvida no século XX. Os cerca de 5 bilhões restantes sombream, aviltados e desvalidos, na desnutrição, na insalubridade, na ignorância e na conseqüente violência.

Hoje, os países desenvolvidos tentam desacelerar o aumento de seu consumo e se esforçam por reduzi-lo. Mas para todos os países pobres, a prioridade é obviamente a sobrevivência e, em seguida, a industrialização e a melhoria da qualidade de vida de sua população. O consumo energético do Terceiro Mundo irá então forçosamente explodir, em função de seu crescimento demográfico e também porque, como julgam necessário os especialistas do Conselho Mundial da Energia, será conveniente para a própria segurança e estabilidade política do planeta que o consumo individual médio nos países pobres aumente rapidamente para valores em torno de 1 TEP por ano. Nestas condições, em 2020, a demanda energética mundial seria de 13 a 15 bilhões de TEP, ou seja, cerca do dobro da atual.

Os chamados choques do petróleo fizeram com que a importância relativa das fontes primárias sofresse uma significativa modificação nos últimos 25 anos. A participação do petróleo foi muito reduzida em benefício do carvão e da energia nuclear. As participações do gás e da hidráulica mantiveram-se quase constantes. Apesar de que hoje o aproveitamento do gás esteja ganhando um novo impulso, acredita-se que sua participação se estabilizará, possivelmente num patamar um pouco mais elevado, à medida que seus preços tenderão a elevar-se pelos efeitos de aumento da demanda. As possibilidades de crescimento da participação hidráulica são apenas marginais, à medida que os maiores

aproveitamentos hidroelétricos já foram efetivados. Têm-se então o carvão e a energia nuclear como as duas principais fontes de energia primária disponíveis para atender às necessidades do próximo século.

Através de transformações das fontes primárias, a energia é consumida de diferentes formas, dentre as quais a eletricidade assume uma maior importância relativa à medida que aumenta o desenvolvimento socioeconômico. Em 1993, 13% da energia primária foram convertidos em eletricidade. Este percentual de participação apresenta entretanto uma nítida tendência ao crescimento com o tempo. No cenário previsto para 2020, poderíamos ter esta participação pelo menos duplicada.

#### **Evolução do Consumo de Energia Primária por Fonte**

	1973	1993
Carvão	12%	27,5%
Petróleo	58,2%	38,8%
Gás	22,1%	21,3%
Hidro	6,8%	6,8%
Nuclear	0,8%	6,1%
Total (TEP)	6 bilhões	8 bilhões

#### **Produção de Eletricidade por Fonte**

	1993
Carvão	40%
Petróleo	40%
Gás	11%
Hidro	19%
Nuclear	17%

## Consumo per capita de Eletricidade

País	KWh/ano/ habitantes	Milhões de Habitantes
Suécia	16.280	9
Finlândia	11.890	5
EUA	11.260	266
França	8.090	58
Bélgica	6.990	10
Japão	6.850	125
Alemanha	6.010	82
Reino Unido	5.610	58
Holanda	4.980	16
África do Sul	4.200	42
Espanha	3.930	40
Mundo	2.260	5.800
Argentina	1.710	35
<b>BRASIL</b>	<b>1.570</b>	<b>96</b>
México	1.470	96
China	810	1.234
Índia	360	953

Os imperativos humanistas fundadores de nossa civilização nos obrigam portanto a proporcionar às hostes de seres humanos até agora excluídos dos benefícios dos avanços tecnológicos o alimento, a saúde, a educação e a segurança a que têm inalienável direito, em níveis aceitáveis, ética e moralmente mínimos.

Uma condição necessária (mas obviamente não suficiente) para que o objetivo humanista maior seja atingido no próximo século é a disponibilidade de grandes quantidades de energia. Essa necessária energia deverá entretanto ser minimamente agressiva

ao meio ambiente, sob pena de, tentando maximizar o bem-estar social dos humanos, inviabilizarmos a própria manutenção da vida em nosso planeta, recaindo no velho mito do feitiço que se volta contra o feiticeiro.

Apesar do (ou devido ao) caráter vital de que se reveste o tema energia, ele talvez seja hoje aquele politicamente mais controverso dentre os que se colocam à humanidade neste fim de século, dividindo profundamente a opinião pública mundial. Está intimamente ligado ao tema ecologia e preservação ambiental, que por sua vez tem suas raízes num questionamento filosófico mais profundo, nas próprias bases da moderna civilização industrial, que tem conduzido a uma negação dos atuais paradigmas de bem-estar e progresso, decorrente de uma crítica contundente ao papel social da ciência e da tecnologia e dos mecanismos político-econômicos nos quais estas se inserem. Tal questionamento constitui de fato um subproduto de um fenômeno social mais amplo, operado nas últimas décadas, que tem levado a uma significativa modificação na percepção simbólica dos riscos tecnológicos pelos indivíduos e pela sociedade.

Sem pretender entrar no mérito das polêmicas discussões entre os *defensores do progresso* e os *guerreiros da preservação*, ambos devem ter em mente que necessitam de grandes quantidades de energia primária para atingir seus objetivos. Para os *defensores do progresso* tal afirmação é um truísmo. Os *guerreiros da preservação* devem, entretanto, conscientizar-se que a preservação e a recuperação da fauna, da flora e, de uma maneira geral, dos ecossistemas (e, por que não, também do homem) requerem enormes quantidades de energia para serem efetivamente levadas a cabo, sendo que esta energia, que será consumida para a concretização de irrefutáveis ideais *verdes*, não deverá, nos processos de produção e distribuição, provocar mais danos globais (efeito estufa, de-

gradação da camada de ozônio, dispersão de efluentes e rejeitos, acidentes mais ou menos catastróficos...) do que os benefícios locais que se espera obter com a sua utilização.

É então nesse contexto que se insere o debate sobre o futuro da energia nuclear, ou seja, existe uma necessidade incontornável de grandes quantidades de energia, significativamente maiores do que as atualmente disponíveis, independentemente da prevalência do ideário *progressista* ou do *preservacionismo* do século XXI.

Diante de tais necessidades, dois perigos ameaçam a humanidade:

- a degradação ambiental e
- o risco de carência crônica de energia.

### Degradação do meio ambiente

Um dos maiores perigos que ameaçam a humanidade no próximo século é uma degradação do meio ambiente tão severa que a sobrevivência de uma parte da população mundial venha a ser afetada.

Numa perspectiva a médio prazo, à escala de uma ou duas gerações, a penúria física de combustíveis fósseis não seria de temer, com as reservas planetárias de petróleo e gás podendo atender à demanda. Duas conseqüências são entretanto inelutáveis: aquela de um aumento considerável de preços à medida que as jazidas mais acessíveis forem sendo esgotadas, e aquela de aumento da dependência de um pequeno número de países produtores, o Oriente Médio precisamente, com todos os riscos geopolíticos que isto implica.

Os recursos em carvão são mais bem repartidos, apesar de sua maior quantidade concentrar-se nos Estados Unidos, na Rússia e na China, e sua abundância posterga em muito o horizonte de escassez. Sua utilização massiva porém levanta graves problemas de poluição atmosférica e do conseqüente efeito estufa, de aquecimento global. Além dos

pesados novos investimentos a serem previstos no domínio dos combustíveis fósseis, será sobretudo a compra, ano após ano, dessas matérias-primas que tornará difícil a situação dos países desprovidos de recursos minerais energéticos.

O gás natural tem sido apresentado como uma alternativa aos problemas ambientais decorrentes do uso do carvão. Realmente, a queima do gás é muito mais *limpa*. Entretanto, sua utilização em grande escala, como tem sido proposto, levanta dois problemas. Primeiramente, uma grande rede de distribuição de gás natural, ou seja, grandes gasodutos ligando as regiões produtoras às regiões consumidoras, o que é algo totalmente novo, que implica grandes riscos de acidentes graves, que teriam conseqüências ambientais ainda não muito bem avaliadas. Em segundo lugar, apesar da queima do gás ser *limpa*, ou seja, com pequena produção de CO<sub>2</sub> e compostos nítricos e sulfúricos, o próprio gás natural, basicamente composto por metano e butano, constitui agente do efeito estufa e da degradação da camada de ozônio muitas vezes mais poderoso que o CO<sub>2</sub> e os CFC's, cuja redução da emissão tem sido objeto de inúmeros acordos internacionais. A manipulação de grandes quantidades de gás natural implicará naturalmente grandes escapes para a atmosfera.

A energia hidráulica continuará seu desenvolvimento e, ainda por algum tempo, cada nova geração deverá dobrar a potência hidráulica existente antes dela. Os países desenvolvidos, entretanto, já estão equipados. Os sítios restantes encontram-se nos rios que correm para o Oceano Ártico, nas regiões mais frias do hemisfério norte (Canadá, Sibéria) e nos rios das florestas tropicais e equatoriais. Em ambas as regiões, as barragens necessárias alagarão enormes áreas, com enormes conseqüências ecológicas, além da necessidade de enormes volumes de recursos para seu financiamento.

## Riscos de "não-energia"

O segundo perigo é o risco geopolítico de dividir a humanidade em dois blocos antagônicos. Aquele dos países desenvolvidos e ricos em matérias-primas energéticas, que disporá de um bem-estar e de um nível de vida elevado, permitindo sua riqueza investir a tempo para desenvolver novos recursos ou para comprar os combustíveis fósseis de que necessita. Ao outro bloco, aquele dos países incapazes de um tal esforço em razão de sua pobreza e de seu subdesenvolvimento, faltará de tudo e sobretudo faltará energia.

A África, por exemplo, terá recursos financeiros suficientes para importar petróleo e gás natural e para lançar mão de recursos custosos em investimentos, tais como nuclear, aproveitamento de grandes rios, biomassa ou solar? Quanto tempo sua população suportará a diminuição de seu nível de vida? A energia disponível, ou melhor, não disponível, não será o único fator interveniente, mas com certeza será um dos principais a impedir toda possibilidade de desenvolvimento.

Em situação intermediária entre os dois blocos, países como a China e a Índia fundamentarão seu desenvolvimento no uso massivo do carvão, do qual eles dispõem de abundantes reservas. A necessidade de sobrevivência se impondo, aceitarão estes países as medidas de limitação de seu consumo de energia propostas pelos países desenvolvidos, eles mesmos grandes consumidores?

### Única resposta possível: a mobilização de todos os recursos

Como então resolver a equação energética: uma demanda potencial nos próximos trinta anos do dobro do consumo atual, que já é enorme; o risco de explosão política se os países em desenvolvimento se encontrarem privados da energia indispensável à sua sobrevivência e à sua evolução; o risco terrível

de degradação do clima, risco incerto mas que, se realmente existe, requer uma ação o mais rápido possível em razão da inércia dos fenômenos em jogo.

Não se deve ceder nem à facilidade nem ao desencorajamento e sim encarar a situação de frente. Nosso mundo requer mais e mais energia e países como a China e a Índia têm a firme intenção de satisfazer suas necessidades através dos seus recursos nacionais em carvão. Haverá direito ou mesmo força capaz de impedi-los ou dissuadi-los de assim proceder?

Deve-se reduzir as emissões poluentes cada vez que isto é possível, o que implica diminuir a produção de gás carbônico, talvez queimando hidrogênio em lugar de carvão, essencialmente utilizando o gás natural, ou lançando mão de modos de produção energética sem combustão, do qual a energia nuclear de fissão é o único processo industrial disponível atualmente.

O futuro incerto deve ser abordado com o máximo de possibilidades: o maior número de opções possíveis deve ser mantido aberto. A produção de eletricidade tem a vantagem de adaptar-se muito rápido e de poder utilizar todas as fontes de energia primária.

Finalmente, deve-se perseverar no caminho da economia de energia, tendo-se entretanto em mente que a médio e a longo prazo o efeito líquido dessas economias tende a ser nulo. Os ganhos econômico-financeiros devido às reduções de consumo obtidos por economias em um determinado setor tenderão a ser aplicados, mais cedo ou mais tarde, em outros setores, gerando por sua vez aumentos de consumo. Por exemplo, se uma família resolve investir em eletrodomésticos *verdes*, de baixo consumo de eletricidade, a economia decorrente da redução da conta de luz será aplicada ou em poupança ou em consumo de outros bens. Se for aplicada em consumo, os novos bens adquiridos exigirão energia para sua produção e distribuição; se for aplicada em poupança, ela resultará em

investimentos, que por sua vez também implicarão em aumento de consumo de energia.

### Eletricidade nuclear hoje

A produção nucleoe elétrica hoje atingiu sua plena maturidade: 431 reatores instalados no mundo produzem cerca de 2.200 TWh, economizando 500 milhões de toneladas de petróleo<sup>1</sup>. O baixo preço atual do petróleo e as reticências da opinião pública após os acidentes de Three Miles Island e Tchernobyl têm desacelerado o desenvolvimento desta fonte de energia.

O maior número de reatores instalados pertence ao tipo de água pressurizada (*Pressurized Water Reactor* – PWR), desenvolvido nos Estados Unidos pela empresa Westinghouse. Os reatores PWR têm suas origens no desenvolvimento da propulsão de submarinos, esforço impressionante pela sua velocidade de implementação e coroado de êxito, empreendido pela Marinha dos Estados Unidos, sob a liderança do Almirante Hyman George Rickover. O conceito PWR da Westinghouse foi então também utilizado nos Estados Unidos pela empresa Combustion Engineering; na França, por Framatome; na Alemanha, por Siemens-KWU; na Suécia, por ASEA-Atom hoje ABB; no Japão, por Hitachi e Toshiba. Vêm em seguida os reatores do tipo a água fervente (*Boiling Water Reactor* – BWR), desenvolvidos nos Estados Unidos pela General Electric, e, em seguida, na Alemanha, por AEG-KWU; na Suécia, por ASEA-Atom, hoje ABB; e no Japão, por Mitsubishi. Na maioria destes países, o desenvolvimento se fez a partir dos modelos americanos, inicialmente sob licença e depois de modo autônomo, liberando-se dos acordos antigos. A vertente soviética dos reatores PWR, denominada VVER, foi desenvolvida independentemente dos Estados Unidos, porém também tem sua origem no Programa de Propulsão Nuclear da ex-URSS. Deve-se ainda mencionar: os reatores a urânio

enriquecido moderados a grafite e resfriados a água fervente desenvolvidos exclusivamente pelos soviéticos e denominados RBMK, tristemente célebres após Tchernobyl; os reatores a urânio natural moderados a grafite e resfriados a gás (*Gas Cooled Reactors* – GCR), desenvolvidos por britânicos e franceses, hoje técnica e economicamente obsoletos; e os reatores a urânio natural moderados a água pesada e resfriados a água pressurizada, desenvolvidos pelos canadenses (*Canadian Deuterium-Uranium* – Candu).

Hoje, uma tonelada de urânio natural é utilizada para produzir cerca de 40 milhões de quilowatts-hora de eletricidade e substitui nove mil toneladas de petróleo. Os reatores regeneradores, capazes de converter urânio 238 em plutônio 239 (outório 232 em urânio 233) em grandes quantidades, tais como os reatores rápidos (sem moderação) resfriados a metal líquido (*Liquid Metal Cooled Reactors* – LMCR ou *Fast Breeder Reactor* – FBR), dos quais existem dois protótipos industriais em operação (Super-Phoenix, na França, e Monju, no Japão), permitem um aproveitamento 50 vezes superior, além de permitir a valorização dos estoques de urânio empobrecido rejeitados pelas usinas de enriquecimento, acumulados desde a origem do aproveitamento industrial da energia nuclear (mais de 800 mil toneladas).

Os recursos em urânio são classificados em recursos razoavelmente assegurados (noção equivalente àquela de reservas provadas recuperáveis de petróleo) e em reservas suplementares, estimadas dentro dos prolongamentos geológicos das jazidas conhecidas. Estas correspondem a minerais com concentração em urânio superior a cerca de 0,7%. A quantidade de urânio recuperável, sem considerar as reservas de menor teor, é estimada em 30 milhões de toneladas. Um significativo aumento dos preços, provocado por um forte aumento de demanda, poderia tornar vantajoso o aproveitamento também das reservas de teor baixo e o desenvolvimento de reatores regeneradores.

**Produção de Eletricidade Nuclear e Participação Relativa de Energia Nuclear na  
Produção Total de Eletricidade (1995)**

<b>Pais</b>	<b>TWh</b>	<b>(%)</b>	<b>Pais</b>	<b>TWh</b>	<b>(%)</b>
Lituânia	10,64	85,59	Taiwan	33,93	28,79
França	358,6	76,14	Grã-Bretanha	77,6	24,99
Bélgica	39,2	55,52	Estados Unidos	673,4	22,49
Suécia	66,7	46,60	Rep. Checa	12,2	20,10
Bulgária	17,26	46,43	Canadá	92,3	17,26
Eslováquia	11,4	44,14	Argentina	7,07	11,79
Hungria	13,2	42,30	Rússia	99,4	11,79
Suíça	23,5	39,92	África do Sul	11,3	6,48
Eslovênia	4,6	39,46	México	8,4	6,00
Ucrânia	65,6	37,83	Holanda	3,7	4,86
Coréia do Sul	63,7	36,10	Índia	6,46	1,89
Espanha	53,1	34,06	China	12,4	1,24
Japão	286,9	33,40	<b>BRASIL</b>	2,5	0,97
Finlândia	18,1	29,91	Paquistão	0,46	0,88
Alemanha	154,1	29,09	Kasaquistão	0,08	0,13

**Número de Reatores em Operação, Potência Instalada e Número de  
Reatores em Construção por Tipo (1995)**

<b>TIPO</b>	<b>EM OPERAÇÃO</b>	<b>Mw INSTALADOS</b>	<b>EM CONSTRUÇÃO</b>
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>	<b>368.006</b>	<b>40</b>
PWR	204	203.228	11
VVER	47	31.852	16
BWR	95	82.920	3
PHWR	34	19.555	9
AGR	12	9.164	0
MAGN O X	21	3.952	0
RBMK	14	14.600	1
FBR	147	2.547	0
Outros	12	590	0

**Número de Reatores em Operação, Potência Instalada e Número de Reatores em Construção por Países (1995)**

País	Em Operação	Mw instalados	Em construção	País	Em Operação	Mw instalados	Em construção
<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>368.006</b>	<b>40</b>	<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>368.006</b>	<b>40</b>
Argentina	2	1005	1	Coreia do Norte	0	0	0
Armênia	1	408	0	Coreia do Sul	11	9624	7
Bélgica	7	5815	0	Lituânia	2	2600	0
<b>BRASIL</b>	<b>1</b>	<b>657</b>	<b>1</b>	México	2	1329	0
Bulgária	6	3760	0	Holanda	2	539	0
Canadá	21	15558	0	Paquistão	1	137	1
China	3	2268	2	Romênia	1	706	1
Cuba	0	0	0	Rússia	29	21242	5
Rep. Checa	4	1752	2	Eslováquia	4	1760	4
Finlândia	4	2400	0	Eslovênia	1	652	0
França	57	62540	3	África do Sul	2	1930	0
Alemanha	20	23305	0	Espanha	9	7400	0
Hungria	4	1840	0	Suécia	12	10438	0
Índia	10	1790	4	Suíça	5	3200	0
Indonésia	0	0	0	Taiwan	6	5144	2
Irã	0	0	2	Turquia	0	0	0
Japão	54	45528	1	Grã-Bretanha	35	14208	0
Kazaquistão	1	150	0	Ucrânia	14	12808	4
				Estados Unidos	109	105513	0

### **Papel da energia nuclear**

Atualmente, um quarto do consumo de energia consumida é feito sob a forma de eletricidade. Para produzir esta eletricidade, a energia nuclear contribui com pouco menos de 20% dos 12 bilhões de quilowatts-hora produzidos anualmente. Isto é ao mesmo tempo pouco e muito. Pouco em proporção, mas muito em termos de equivalência: 500 milhões

de toneladas de petróleo, ou ainda o equivalente a toda a produção hidroelétrica. Que aconteceria se esta produção viesse repentinamente a faltar? Seguramente, uma brutal elevação dos custos das diversas outras energias. Nesta situação, os países ricos, mesmo severamente afetados, restabeleceriam sua prosperidade. Mas os países pobres se empobreceriam ainda mais, sem esperança de recuperar suas economias devastadas.

### Recursos Mundiais de Urânio (em milhares de toneladas)

País	R.R.A*	R.S.E**
Mundo (Exceto ex-URSS e China)	1.688	925
Austrália	463	251
África do Sul	257	98
Niger	180	284
<b>BRASIL</b>	163	92
Canadá	155	105
Estados Unidos	131	—
Namíbia	104	30

\* Reservas razoavelmente asseguradas a custo inferior a 80US\$/libra

\*\*Reservas suplementares estimadas a custo inferior a 80US\$/libra

Dentre os países desenvolvidos, o exemplo da Suécia nos mostra claramente os limites de uma política energética baseada na rejeição da energia nuclear. Mesmo na escala de um país tão moderno, tão rico em conhecimento tecnológico, é impossível abandonar a energia nuclear. Ela fornece a metade da eletricidade consumida e renunciar implicaria um custo insuportável para a economia sueca e uma poluição considerável, em oposição à poluição nula de centrais modernas, perfeitamente dominadas. Conduzido pelas duras realidades econômicas, o governo sueco decidiu, com sabedoria, continuar a operação de suas centrais nucleares. Outro exemplo seria a Dinamarca, que tem rejeitado a opção nuclear por razões políticas, e é hoje o maior emissor *per capita* de gases de efeito estufa e maior importador de eletricidade da Europa.

Considerando o futuro da demanda mundial, como se poderia renunciar à energia

nuclear? É de certa forma chocante a decalagem entre a esperança colocada sobre esta energia pelos especialistas em prospectivas a médio e a longo prazo e o compasso de espera que se observa em quase todo o mundo. Para quem tenta avaliar o futuro, nos próximos 30 anos a produção eleanuclear deverá dobrar. Quando se constata o número de centrais em construção, conclui-se que algo não está indo bem, ou seja, o espectro da carência de energia ou do aumento brutal das emissões de gases de efeito estufa (contrariamente a todo o discurso político pela sua redução) estão nos espreitando do futuro.

Além disto, a energia nuclear é um bom negócio. A eletricidade nuclear é a mais econômica para produção de base dos sistemas energéticos nacionais. Ela é notoriamente mais vantajosa que as energias concorrentes quando é produzida por centrais utilizadas por no mínimo 3 mil a 5 mil horas por ano,

segundo os países. A única concorrência real é aquela de certas hidroelétricas muito bem localizadas ou de centrais a carvão em condições locais altamente favoráveis.

Finalmente, a energia nuclear garante a estabilidade dos preços. Uma vez os investimentos realizados, a operação das instalações nucleolétricas é quase independente das variações econômicas. Os combustíveis intervêm em cerca de 30% do preço do quilowatt-hora nuclear e a matéria-prima, o urânio, em menos de 10%. Adiciona-se a facilidade de armazenagem do urânio, possibilitando a formação de grandes estoques reguladores. Com um custo pouco elevado e estável, a energia nuclear apresenta muitas vantagens aos produtores de eletricidade. Para os países desprovidos de grandes riquezas em combustíveis fósseis, ela é também um instrumento essencial para a independência energética,

fator estratégico de maior importância geopolítica. É um elemento de estabilidade em caso de tensão no mercado de energia, tal como as crises do petróleo já ocorridas.

Deve-se ainda enfatizar que a implantação da energia nuclear em um país requer uma infra-estrutura tecnológica e uma competência profissional, não somente para seu projeto, construção e operação, mas também para sua vigilância e manutenção. Essa infra-estrutura material e humana, quando implantada, traz inúmeros benefícios paralelos ao país, pelos chamados efeitos de *spin-off*. O fato de países em desenvolvimento, tais como a China e a Índia, através de esforços conscientes, resolutos e pacientes, terem implantado tal infra-estrutura, tornando-se capazes de projetar, construir, operar e manter centrais nucleares, demonstra que a energia nuclear não é exclusivamente uma opção de ricos.

### ELETRICIDADE NUCLEAR: UMA NECESSIDADE DA POLÍTICA ENERGÉTICA NACIONAL

*"Eis a aritmética do blecaute que se aproxima: 1) capacidade instalada de geração: 57,5 mil MW; 2) consumo aparente 54,7 mil MW; 3) situação na Região Sudeste: capacidade de 42,5 mil para um consumo de 40,5 mil MW; 4) o consumo tende a crescer entre 6% e 8% ao ano; 5) a expansão da oferta não deve passar de 4,5% ao ano até 1999; 6) nos horários de pico, a Região Sudeste já vive diariamente sob a ameaça de cortes de energia. Pelo lado do consumo, joga-se com a hipótese de um crescimento do PIB acima de 5% nos próximos 12 meses. O setor industrial, reativado pelos investimentos, ensaia crescer mais do que o PIB."*

JOELMIR BETING

Jornalista, em 02/09 de 1997

#### Situação energética nacional atual

Os indicadores globais brasileiros nos mostram que o País possui um

PIB *per capita*, um consumo de energia primária e um consumo de energia elétrica abaixo da média mundial.

### Indicadores Globais\*

	total	per capita
Área:	8.547	18 hab/km
milhares de km <sup>2</sup>	(135.830)	(41 hab./km <sup>2</sup> )
População:	156	x
milhões de habitantes	(5.479)	
Produto Interno	560	3.590
Bruto	(22.464)	US\$/hab.
(bilhões de US\$)		(4.100 US\$/hab)
Energia Primária	191	1,22 TEP/hab.
milhões de TEP	(7.945)	(1,45 TEP/hab.)
Energia elétrica	245	1,57
milhões de MWh	(11.948)	MWh/hab.
		(2,23 MWh/hab)

\* Valores mundiais entre parênteses

A energia hidráulica é a mais importante fonte de energia primária do País, responsável em 1995 por 44,2% de toda a energia produzida. Juntamente com a lenha (14,1%) e produtos derivados da cana-de-açúcar (13,2%), formam as principais fontes de energia renováveis, que representam hoje 73,2% do total. Entre as fontes de energia não-renováveis, o petróleo é a mais importante, responsável por 21% da energia do País.

Cerca de 97% da energia elétrica produzida no Brasil é gerada em usinas hidroelétricas. Somente a Bacia do Prata possui cerca de 60,9% das hidroelétricas em operação ou construção. O País aproveita, entretanto, apenas uma parte do seu potencial hidráulico. De 127 mil MW/ano de capacidade estimada, somente 32,2 mil MW/ano são produzidos.

### Produção de Energia Primária no Brasil

Fonte Primária	Participação
<b>Total</b>	<b>191 milhões de TEP</b>
Petróleo	21%
Gás natural	4,6%
Carvão-vapor	1,2%
Carvão metalúrgico	0,0%
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	0,0%
Hidráulica	44,2%
Lenha	14,1%
Produtos da cana	13,2%
Outras fontes	1,7%

Os melhores potenciais, entretanto, já foram aproveitados. Restam aqueles aproveitamentos de alto custo de construção, de alto custo de distribuição (grandes distâncias dos centros consumidores) e de alto custo social e ambiental decorrentes do alagamento de grandes áreas. Estes fatores desestimulam novas hidroelétricas. A Região Amazônica é o exemplo mais claro destas dificuldades. Apesar de ter o maior potencial hidroelétrico

do País, seus rios são pouco apropriados para a construção de usinas, por correrem em regiões muito planas, que requerem o alagamento de regiões muito extensas. A Usina de Balbina, próxima a Manaus, precisou inundar 2.360 km<sup>2</sup> para produzir 250 MW de energia. Já a Usina de Boa Esperança, próxima a Teresina, localizada em terreno muito mais adequado, alagou apenas 352,2 km<sup>2</sup>, para gerar energia equivalente.

#### Potencial Hidroelétrico das Bacias

BACIA	POTENCIAL APROVEITADO (operação/construção)	POTENCIAL CONFIRMADO (+ESTIMADO)	TOTAL
Amazônia	176,8	16.799,4 (+36.993,5)	53.969,7
Tocantins	3.527,2	9.284,2 (+1.535,4)	14.346,8
Morte/Nordeste	150,5	100,3 (+1.329,9)	1.579,8
Leste	1.075,6	5.031,0 (+1.285,5)	7.392,1
Sudoeste	1.197,2	1.287,2 (+1.931,0)	4.415,4
São Francisco	6.064,9	3.058,8 (+1.255,5)	10.379,2
Prata	19.035,0	10.219,1 (+6.530,5)	35.784,6
Total	31.227,2	45.780,0 (+50.860,4)	127.867,6

Em 1986, o Brasil produziu 850 mil barris de petróleo por dia. Isto representa aproximadamente 60% do consumo nacional, o restante sendo importado. Atualmente, 70% do petró-

leo produzido provém das plataformas marítimas. O petróleo, entretanto, tem uma contribuição muito reduzida para a produção de eletricidade no País, o que é bastante lógico

dado o fato de ser a forma mais cara para produção de energia elétrica.

O gás natural tem surgido como uma opção vantajosa para a produção de eletricidade. Com efeito, modernas usinas em ciclo combinado (turbina a gás e turbina a vapor) são oferecidas no mercado internacional a custos atraentes. As reservas brasileiras de gás, entretanto, são limitadas às bacias petrolíferas oceânicas profundas, não existindo hoje, nem em futuro próximo, solução técnica e econômica para o aproveitamento deste gás. Atualmente, este gás é queimado em alto-mar, simultaneamente à produção de petróleo. O gás para alimentar estas usinas terá que ser importado de países vizinhos, em especial da Bolívia, onde existem grandes reservas, e distribuído por gasodutos de considerável extensão. As conseqüências em termos de dependência energética são evidentes.

A contribuição do carvão para produção de energia elétrica é pequena e limitada às regiões próximas às jazidas localizadas no Sul do País. As reservas de carvão nacionais são muito restritas e o pouco carvão existente não é de boa qualidade para queima e produção de vapor. Seu emprego mais indicado é para a siderurgia e a carboquímica.

Uma única central nuclear (Angra I), de potência pequena e de projeto antigo (o que implica baixa disponibilidade devido a repetidas paradas para manutenção), produz cerca de 1% da eletricidade nacional. A entrada em operação da usina de Angra II, cuja potência é duas vezes maior e cuja disponibilidade será certamente muito melhor (seu projeto é mais moderno e de melhor qualidade), elevará significativamente a participação da energia nuclear na matriz energética nacional.

### Energia Elétrica no Brasil

TIPO	CAPACIDADE (GW)	PRODUÇÃO (GW/hora)
Hydroelétrica	52,4	282.105
Óleo Diesel	1,1	109
Óleo Combustível	1,8	377
Gás natural	0	0
Carvão	1,1	3.660
Nuclear	0,7	2.518
TOTAL	57,1	288.770

## Consumo de Energia Elétrica no Brasil (GW/hora)

TIPO	1995
Industrial	117.964
Comercial	32.142
Residencial	63.522
Rural	12.243
Governo	31.197
<b>TOTAL</b>	<b>257.068</b>

### Riscos iminentes de colapso

A falta de energia elétrica no horário de maior consumo (entre 18h e 20h), que provocou blecautes no Sul e Sudeste do País em abril de 97, deverá continuar nos próximos anos. O aumento da oferta de energia até junho de 98, conforme cronograma de obras da Eletrobrás, foi inferior a 1.000 MW, o que é insuficiente para acompanhar o crescimento da demanda nessas regiões, estimado em 3.000 MW por ano, caso se mantenha o ritmo

atual de aumento do consumo, que cresce de 5 a 6% ao ano.

Os baixos investimentos no setor elétrico nos últimos anos, com o esgotamento da capacidade do Estado de injetar recursos, e a capacidade ainda reduzida da iniciativa privada na geração de eletricidade, estão fazendo o sistema operar num limite perigoso.

A operação segura de um sistema elétrico recomenda que a capacidade imediata de geração seja no mínimo cerca de 20% superior ao pico de consumo, de forma a compensar eventuais incidentes, tais como a perda de um grande gerador de uma usina ou de uma linha de transmissão. No Sul e no Sudeste, a disponibilidade varia em torno de 42.000 MW e o pico de consumo está ocorrendo hoje em torno de 40.000 MW, o que implica uma reserva de apenas 5%, o que torna o sistema muito vulnerável, com um elevado risco de blecautes.

### Perspectivas de demanda para o próximo século

Os estudos prospectivos levados a cabo pela Eletrobrás projetam dois cenários para a demanda de eletricidade no próximo século.

### Perspectivas da Energia Elétrica no Brasil

	1995	2000	2005	2010	2015
<b>População (milhões de habitantes)</b>					
	156	170	183	196	208
<b>Produto Interno Bruto (bilhões de US\$)</b>					
Otimista	560	864	1.157	1.549	2.073
Pessimista	560	611	780	950	1.155
<b>Consumo de eletricidade (milhares de GW/hora)</b>					
Otimista	257	293	384	467	563
Pessimista	257	377	495	643	826
<b>Produção de eletricidade (milhares de GW/hora)</b>					
Otimista	289	422	549	707	909
Pessimista	289	328	426	514	690
<b>Capacidade de geração de eletricidade (GW instalados)</b>					
Otimista	57	83	109	140	180
Pessimista	57	65	84	102	123

Ambos os cenários projetam significativos aumentos na capacidade de produção de energia elétrica no Brasil. Este resultado é uma decorrência imperativa do fato de o País estar hoje abaixo da média mundial de consumo de energia elétrica, e muito abaixo dos valores médios que são observados em países de desenvolvimento intermediário, tais como Portugal, Grécia, Espanha, que são paradigmas de nosso desenvolvimento futuro. Onde então iremos buscar esta energia indispensável à melhoria das condições de vida de milhões de brasileiros que hoje sombream em condições de vida sofríveis?

A energia hidroelétrica terá um importante papel no atendimento a estas necessidades, em especial com o aproveitamento do potencial remanescente nas Bacias do Prata, do Tocantins e do São Francisco. O impacto ambiental e as grandes distâncias dos centros consumidores indicam, entretanto, que a Bacia Amazônica muito pouco poderia contribuir. Conclui-se que esta energia por si só não satisfará às demandas futuras.

O carvão nacional não só é pouco como impróprio para a produção termoelétrica. Sua utilização a nível local, próximo às jazidas exploráveis, evitando assim dificuldades logísticas de transporte ferroviário, é porém muito recomendável, mas tendo-se em mente que nunca poderá constituir uma solução a nível nacional. Quanto ao petróleo, ainda lutamos para atingir a auto-suficiência, sem que ele seja usado de forma significativa para produção de eletricidade, que por sinal possui custos muito elevados.

O gás natural terá um lugar de destaque na matriz energética nacional do próximo século. A construção de grandes gasodutos ligando os centros consumidores nacionais aos centros produtores internacionais próximos (Bolívia e Argentina) permitirá a implantação de termoelétricas modernas, flexíveis (devido a sua potência unitária tecnicamente limitada hoje a 200-250 MW) e economicamente com-

petitivas, sendo possivelmente exploradas pela iniciativa privada. Tais usinas certamente serão uma grande contribuição ao sistema energético nacional e darão grandes lucros para os grupos de investidores que terão sua propriedade e para os exportadores do gás estrangeiro necessário ao seu funcionamento. Seria entretanto uma temeridade considerar que tais usinas produzirão a energia de base do sistema energético nacional, primeiramente por motivos técnicos e em seguida por motivos político-econômicos, dadas a dependência externa e a sobrecarga da já combalida balança de comércio internacional brasileira que tal opção radical provocaria.

Resta-nos então a opção nuclear, para a qual o Brasil possui a incontestável vantagem de possuir uma das maiores reservas de combustível do mundo.

### Principais Jazidas de Urânio no Brasil

JAZIDA	ESTADO	RESERVA (t U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )
Itaiaia	CE	142.500
Espinharas	PE	10.000
Campos Belo / Rio Preto	TO	1.000
Lagoa Real	BA	93.190
Amorinópolis	MG	5.000
Quadrilátero Ferrífero/ Garandela	MG	15.000
Poços de Caldas	MG	26.800
Figueira	PR	8.000
<b>TOTAL*</b>		<b>301.490</b>

\* Quinta reserva mundial, prospectados apenas um terço do País

## Momento político atual

A retomada do crescimento econômico e a melhoria das condições sociais, ainda que pequena, de uma significativa parcela da população brasileira, motivada pelo controle do processo inflacionário, têm tido reflexos imediatos sobre o sistema energético nacional.

Assiste-se hoje a um processo de aceleração da eletrificação da vida dos brasileiros. Amplia-se o consumo nas empresas, nas cidades, nas residências. A demanda domiciliar, em especial, passa por um processo de crescimento vertical, ou seja, as unidades residenciais têm aumentado seu consumo unitário, e horizontal, isto é, aumento do número de domicílios ligados à rede de distribuição, que foi elevado de 28,4 milhões em 1993 para 34,6 milhões em junho de 1997. Este aumento é um reflexo do aquecimento do mercado varejista de eletrodomésticos, fato muito noticiado pelos órgãos de imprensa. A demanda industrial vem sendo aumentada como uma consequência não só do aumento das vendas de eletrodomésticos, como também pela melhoria do padrão de vida das camadas mais pobres da população. O consumo maior de bens de valor unitário pequeno, tais como pastas de dentes, sabonetes e outros itens prosaicos, fato que tem sido verificado e também muito noticiado pela imprensa, exige a reativação da capacidade ociosa de muitas fábricas, que por sua vez aumenta o consumo de eletricidade.

Simultaneamente, assiste-se a um aumento significativo no volume de investimentos externos diretos no setor produtivo da economia, do qual as novas fábricas de automóveis talvez seja aquele mais *mediatizado*. A contrapartida destes investimentos é o aumento da demanda de eletricidade, sem a qual tais indústrias, assim como as melhorias socioeconômicas que se espera que elas provoquem, são inviáveis. Infelizmente, os investimentos em geração elétrica são pesa-

dos e exigem prazos relativamente longos para sua maturação.

A curto prazo, a única providência possível é a racionalização no uso (ou conservação) da energia disponível. Com efeito, o governo anunciou recentemente um amplo programa de redução das margens de desperdício, estimada em cerca de 17% da capacidade de geração total. Sem esta redução, estaremos sujeitos à ocorrência de *blackout* e possibilidades de racionamento. Entretanto, a economia de energia não pode ser encarada como uma solução: a nível individual, cada centavo economizado irá para o consumo ou investimento, sendo que ambos irão realimentar, em curto espaço de tempo, o déficit energético.

A médio prazo, a providência possível é a aceleração das obras das usinas em construção. O setor hidroelétrico poderá contribuir com cerca de 11,5GW novos, num horizonte de 5 anos. O setor termoeletrônico de carvão tem outros 0,6GW num horizonte de 4 anos. O setor nuclear tem mais 1,3GW num horizonte de 2 anos (Angra II) e outros 1,3GW num horizonte de 7 anos (Angra III). Isso soma uma capacidade adicional de 14,8GW até 2005, ou seja, um total de cerca de 72GW instalados. Este valor não seria compatível nem mesmos com o cenário pessimista de perspectivas de desenvolvimento do Brasil.

Isto torna incontornável, sob pena de frustração do grande anseio do povo brasileiro por melhores condições de vida, a retomada dos investimentos em geração de energia elétrica, através de projeto e construção de novas usinas, hidroelétricas, termoeletrônicas de gás e carvão, e nucleares.

Novos investimentos devem também ser direcionados para a pesquisa e desenvolvimento (P&D) visando à progressiva nacionalização do projeto e fabricação de componentes destas usinas, pois caso contrário seremos obrigados a exportar grandes volumes de capital para obtê-las. Em menores volu-

mes, mas não menor importância, os investimentos em P&D para aproveitamento de fontes alternativas nacionais, tais como: reatores nucleares alimentados a tório; biomassa; resíduos da cana-de-açúcar; xisto betuminoso; resíduos orgânicos; hidrogênio; energia solar; energia eólica; turfa e linhito são também necessários, sob pena de perpetuarmos nossa dependência tecnológica de fornecedores estrangeiros.

### Parque nuclear nacional

A construção de usinas nucleares no País foi decidida em 1967, pelo governo militar. Em 1975 foram desapropriadas terras na Praia de Itaorna, no município fluminense de Angra dos Reis, para a construção das primeiras usinas. A usina de Angra I foi então adquirida sob um contrato *turn key* da empresa americana Westinghouse, tendo sido inaugurada em 1985.

Desde aí já se identificam certas decisões que o tempo demonstrou serem equivocadas, lembrando, entretanto, que é sempre muito fácil criticar decisões passadas:

- as praias do litoral entre Rio e São Paulo, desabitadas e de difícil acesso nos anos 60, tornaram-se nos anos 80 o maior pólo turístico nacional – centrais nucleares e turismo não formam obviamente uma combinação adequada;

- as avaliações do potencial hidroelétrico disponível e as previsões de demanda futura ao final dos anos 60 estavam muito distantes da realidade;

- a tecnologia de centrais nucleares no final dos anos 60 não estava ainda suficientemente consolidada; o projeto Westinghouse de Angra I (e de outras centrais idênticas, localizadas na Espanha, na Suécia e nas Filipinas) era tecnicamente deficiente sob muitos aspectos;

- a decisão sob sua construção foi arbitrária, sem discussão junto à opinião pública nacional e local.

Os dez primeiros anos de operação de Angra I foram obscurecidos por inúmeros problemas técnicos que lhe renderam o apelido de *vagalume*: acende, apaga, acende, apaga... Este fato se reflete tecnicamente em uma das mais baixas disponibilidades dentre as mais de 400 centrais nucleares do mundo. Enormes esforços técnicos e financeiros despendidos ao longo destes mesmos 10 anos fizeram, entretanto, com que a sua disponibilidade hoje tenha se igualado à média mundial: Angra I não é mais *vagalume* (mas isto não é divulgado pela imprensa...) Em 1995, ela sozinha gerou quase 1% de toda a energia elétrica nacional.

Angra I também sofreu severamente as conseqüências do modo como foi implantada, sem envolvimento direto da população da região. Estes fatos a tornaram extremamente vulnerável aos *assaltos* de grupos de pressão políticos, agindo sob a bandeira preservacionista como cobertura para outros interesses menos confessáveis. Este problema também foi contornado com o tempo e hoje vemos as autoridades políticas locais defenderem sua operação e a perda de apelo popular de ações autodenominadas ecológicas.

O governo militar, entretanto, não considerava suficiente a simples aquisição de centrais nucleares *turn key*: queria ter efetivo acesso à tecnologia nuclear, não só para projeto e construção de centrais como também para o domínio do ciclo do combustível. Isto o levou a buscar uma negociação internacional de um grande acordo que proporcionasse a transferência de ambas as tecnologias. O clima político da época, o Brasil Grande, conduzia a objetivos ambiciosos e a obras que posteriormente vieram a ser chamadas de faraônicas (esquecendo-se seus atuais detratores que são ainda estas obras que garantem até hoje a infra-estrutura industrial do País). Mais uma vez ressalta-se que é muito fácil criticar decisões passadas.

A negociação do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha foi extremamente complexa e longa, movimentando poderosos interesses internacionais. Quando finalmente chegou-se a sua forma final, os cenários político-econômicos mundial e nacional já tinham sido substancialmente alterados, com o *milagre econômico* brasileiro, ou seja, um crescimento sustentado ao longo de vários anos a taxas superiores a 10%, dando sinais de esgotamento.

A execução do acordo inicia-se com as obras de Angra II, Angra III e das usinas do ciclo do combustível. Uma série de fatores internos e externos, de ordem técnica (insucesso do processo de enriquecimento de urânio), política (processo de abertura política e assalto dos ambientalistas) e econômica (crises da dívida externa brasileira, levando a sérias dificuldades de financiamento), vai desacelerando a execução do Acordo, chegando-se a uma situação de ponto morto em meados dos anos 80. As obras de Angra II foram então praticamente paralisadas até bem recentemente, num estágio relativamente avançado de construção, e as obras de Angra III limitaram-se ao início de suas fundações. Entretanto, a maioria dos equipamentos principais, de maior valor agregado, já tinha sido adquirida.

Insatisfeito com os frustrantes resultados do Acordo, o governo iniciou o chamado Programa Nuclear Autônomo, do qual o Programa de Propulsão Nuclear da Marinha afirmou-se como a vertente que efetivamente atingiu objetivos concretos, com o domínio da tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação e o projeto e desenvolvimento de um protótipo em terra de uma instalação propulsora nuclear para submarinos, baseada em reator PWR, miniatura de um reator para produção de energia elétrica.

Cumprir ressaltar que a central de Angra II (e sua gêmea Angra III) é um produto de qualidade muito superior a Angra I, além de ter uma capacidade de geração de energia

duplicada. À parte esse fator técnico indiscutível, os equívocos de origem de Angra I (superdimensionamento das necessidades de energia elétrica, arbítrio nas decisões, falta de discussão junto à opinião pública nacional e local, falta de envolvimento da comunidade científica nacional) foram reproduzidos e amplificados pelo Acordo Brasil-Alemanha.

### **Papel da energia nuclear no momento político nacional atual**

Sob a poderosa pressão dos riscos iminentes de colapso do sistema energético das Regiões Sul e Sudeste, e da premente necessidade de viabilizar-se a sustentação do ciclo de crescimento econômico iniciado pelo controle do processo inflacionário, assiste-se hoje a:

- início da exploração das jazidas de urânio de Lagoa Real;
- retomada das obras da Fábrica de Elementos Combustíveis (FEC), localizada no município fluminense de Resende, prevendo-se aí o emprego industrial da tecnologia de ultracentrifugação desenvolvida ao âmbito do Programa de Propulsão Nuclear da Marinha;
- decidida retomada das obras de Angra II;
- sérias discussões sobre uma retomada de Angra III em futuro bem próximo;
- início das discussões técnicas preliminares para o projeto de um futuro reator padrão nacional, que seria implantado em seguida a Angra III.

Note-se que as decisões que geraram estas ações foram tomadas sem suscitar as tão comuns polêmicas sobre o uso da energia nuclear no Brasil. A única explicação para este fato é que estas decisões estão sendo tomadas com base numa indiscutível, flagrante e urgente necessidade de ampliação do parque de geração de eletricidade do País. Além disto, estas decisões fazem parte de uma política coerente, que abrange ainda o gasoduto Brasil-Bolívia, a desestatização das

empresas elétricas, incentivo à implantação de usinas a gás, e aceleração das hidroelétricas e termoelétricas que já se encontravam em construção.

A política atual resume-se então na afirmação de que a única resposta possível ao temível espectro da não-energia é a mobilização de todos os recursos disponíveis, sem objeções dogmáticas ou ideológicas a nenhuma das possibilidades tecnológicas, incluindo a opção nuclear. O momento não pede escolhas e sim ação direta em todas as frentes tecnológicas, abertas e por abrir, sob pena de mais uma vez perdermos o trem da história e perpetuarmos nossa condição de subdesenvolvimento.

O papel da energia nuclear no momento político nacional atual é então o de contribuir, sem hegemonia, para o atendimento da demanda de eletricidade que garantirá ao Brasil, nos próximos 15-20 anos, um nível de vida médio pelo menos próximo ao atualmente existente nas nações do Sul da Europa. Note-se que este objetivo nada tem de muito ambicioso.

Cumpra ainda ressaltar o papel a ser desempenhado pelos usos não-energéticos da energia nuclear. Com efeito, o emprego de técnicas nucleares na medicina, farmácia, indústria, preservação de alimentos, erradicação de pragas agrícolas e pesquisa e desenvolvimento se revestem de uma crescente importância social e econômica. A condição necessária para o desenvolvimento destas aplicações é a implantação de reatores nucleares de pesquisa, cujo objetivo principal é, não a geração de energia, mas a geração de fluxo neutrônico suficientemente elevado para a produção em escala de radioisótopos úteis. Tais reatores, paralelamente ao atendimento de seu objetivo principal, desempenham um papel adjutório ao desenvolvimento dos usos energéticos pacíficos, através de objetivos secundários de pesquisa e desenvolvimento, tais como irradiação e testes de materiais, e treinamento e formação de pessoal qualificado.

O momento político atual tem se mostrado particularmente favorável a estas aplicações não-energéticas, assistindo-se hoje a ações concretas, como há muito não se via:

- efetivos esforços para repotencialização do reator IEA-R1, do Instituto de Pesquisas Energéticas de São Paulo (IPEN), que completou em setembro de 1997 41 anos de operação, reduzindo a dependência externa do País para obtenção de radioisótopos; e

- início da implantação do Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN), em Recife, empreendimento de grande alcance tecnológico e social, envolvendo o projeto, desenvolvimento, construção e operação de um novo reator de pesquisas totalmente nacional, que virá atender às demandas nordestinas na área de medicina nuclear.

### **Energia nuclear nacional do futuro**

A participação da energia nucleoeletrica na matriz energética nacional, hoje estabelecida num patamar de cerca de 1%, com Angra I operando dentro do padrão de disponibilidade médio internacional, poderá ser elevado, realisticamente, a um novo patamar em torno de 5 a 10%. Isto implicaria um aumento da capacidade de geração nucleoeletrica instalada dos atuais 670 MW (Angra I) a no mínimo 7GW em 2015. Descontando-se os 2,6GW que seriam proporcionados por Angra II e III, teríamos uma demanda por novas centrais que gerariam mais 3,7GW (equivalente a aproximadamente 5 usinas como Angra I ou 3 usinas como Angra II), a serem implantadas num horizonte de 20 anos.

Uma tal demanda por novas centrais que, ressalte-se enfaticamente, não seria em nada ambiciosa nem faraônica, poderia ser de diferentes formas:

- 1) centrais nucleares de alta potência (> 1.000 MW elétricos), adquiridas sob contratos do tipo *turn key*, similares ao contrato de Angra I. Tais "produtos", de boa qualidade e

ampla experiência operacional, estão disponíveis atualmente num mercado internacional altamente competitivo, e portanto favorável ao comprador;

2) centrais nucleares de alta potência (> 1.000 MW elétricos), adquiridas sob contratos do tipo *transferência de tecnologia e nacionalização progressiva*, similares ao contrato de Angra II e III. Tais “produtos”, de boa qualidade e ampla experiência operacional, estão disponíveis atualmente num mercado internacional altamente competitivo, e portanto favorável ao comprador.

3) centrais nucleares de alta potência (> 1.000 MW elétricos), adquiridas sob a égide de um Programa Autônomo ou em parceria com países do Mercosul (Argentina, em especial);

4) centrais nucleares de média ou pequena potência (> 500 MW elétricos), adquiridas sob contratos do tipo *turn key*, similares ao contrato de Angra I. Tais “produtos” estão ainda em estágio de projeto, sem experiência operacional, estando entretanto disponíveis atualmente no mercado internacional;

5) centrais nucleares de média ou pequena potência (> 500 MW elétricos), adquiridas sob contratos do tipo *transferência de tecnologia e nacionalização progressiva*, similares ao contrato de Angra II e III. Tais “produtos” estão ainda em estágio de projeto, sem experiência operacional, estando entretanto disponíveis atualmente no mercado internacional;

6) centrais nucleares de média ou pequena potência (> 500 MW elétricos), adquiridas sob a égide de um Programa Nuclear Autônomo ou em parceria com países do Mercosul (Argentina, em especial);

A opção 3, de desenvolvimento autônomo de centrais de alta potência, deve ser descartada *a priori*, pois só teria sentido se, previamente, fosse desenvolvida com sucesso a opção 6 (desenvolvimento autônomo de centrais de média ou pequena potência).

As opções 1 e 2 possuem efetivamente grandes atrativos, à medida que, em tese, permitiriam o atendimento da demanda prevista num prazo mínimo. Têm entretanto o inconveniente de implicar massiva exportação de capital, e de, em variados graus, perpetuar a dependência tecnológica do Brasil. Não devem entretanto ser descartadas, pelo menos para uma ou no máximo duas novas centrais. Com efeito, a opção 2 vem sendo defendida pela direção da nova empresa Eletronuclear, resultante da fusão da precedente empresa Nuclen, responsável pela arquitetura, engenharia e construção das usinas de Angra II e III, e pelo setor de produção nucleoeletrônica de Furnas, responsável pela operação de Angra I.

As opções 4 e 5 só teriam sentido em serem adotadas caso fosse demonstrado que os seus custos e prazos são mais favoráveis que aqueles decorrentes, respectivamente, das opções 1 e 2.

A opção 6 configura-se como a única que permitiria uma real independência tecnológica do Brasil. Com efeito, a Marinha do Brasil está construindo, dentro do escopo de seu Programa de Propulsão Nuclear, o primeiro reator de potência do tipo PWR integralmente projetado no hemisfério sul. Este reator, apesar de sua pequena potência (11MW elétricos), poderia, mediante esforços de engenharia abordáveis, ser extrapolado para potências até cerca de 200 MW elétricos.

Some-se a este fato o projeto CAREM, da Comissão Nacional de Energia Atômica (CNEA) argentina, reator de 100 MW elétricos. A conjunção dos esforços brasileiros e argentinos poderia conduzir a um reator de média potência padrão Mercosul, da ordem de 350 MW elétricos.

Esta opção de desenvolvimento autônomo, privilegiando a independência tecnológica, mesmo que em eventual detrimento da racionalidade puramente econômica, é coerente com aquela adotada pelas Indústrias

Nucleares Brasileiras (INB), que adotou a tecnologia de enriquecimento desenvolvida pela Marinha do Brasil para a sua usina de fabricação industrial de combustível nuclear.

Cumpre, entretanto, reconhecer que dificilmente esta opção seria capaz de atender à demanda prevista para os próximos 20 anos (7 GW em 2015). Conclui-se, portanto, que a virtude, mais uma vez, estará no caminho do

meio: a demanda para 2015 seria atendida por Angra I, II e III (3,3 GW), duas centrais de alta potência obtidas pelas modalidades contempladas pelas opções 1 e 2 (2,5-3 GW) e o restante obtido por 3 centrais de média potência desenvolvidas por um programa autônomo (1,2-0,7GW), possivelmente em colaboração com a Argentina, dentro do enquadramento político-econômico do Mercosul.

**CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:**

<CIÊNCIA & TECNOLOGIA>/Energia nuclear;

**A coragem é uma das primeiras qualidades humanas, eis que ela desenvolve outras.**

*Winston Churchill*