

# O espaço da energia nuclear no Brasil

*JOAQUIM FRANCISCO DE CARVALHO*

## Introdução

**A** HISTÓRIA DA energia nuclear no Brasil começa em meados da década de 1930, quando, visando consolidar em alto nível os padrões de ensino e pesquisa da então recém-criada Universidade de São Paulo, o governo do Estado contratou professores e pesquisadores europeus de diversas especialidades e criou a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras dessa Universidade, com seções de Física, Matemática, Ciência Humanas, Ciências da Terra, Química e Biologia. Mais tarde (1956) criou-se o Instituto de Energia Atômica (IEA), para onde foram transferidos alguns físicos da seção de Física da Faculdade de Filosofia e engenheiros da Escola Politécnica.

Em 1979, o IEA passou à jurisdição da Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, com o nome de Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen).

Atualmente, o Ipen é gerido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), mas, para fins de ensino de pós-graduação, continua ligado à Universidade.

Em 1966 instituiu-se o Centro de Energia Nuclear na Agricultura, junto à Faculdade de Agricultura da Universidade de São Paulo, em Piracicaba (SP).

Nas décadas de 1940, 1950 e 1960, o governo federal criou, no Rio de Janeiro, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, o Conselho Nacional de Pesquisas, a Comissão Nacional de Energia Nuclear, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria e o Instituto de Energia Nuclear.

Em 1953, criou-se em Belo Horizonte o Instituto de Pesquisas Radiológicas, ligado à Universidade Federal de Minas Gerais, onde se formou, em 1965, o Grupo do Tório, com a missão de desenvolver o projeto conceitual de um reator de potência moderado e refrigerado a água pesada, baseado no ciclo do tório (Brito, 1968).

Esse projeto foi colocado no quadro da cooperação técnica França-Brasil e inserido no programa de avaliação da viabilidade dos reatores a tório e água pesada, do Commissariat à l'Énergie Atomique, mas seu orçamento era modesto e, com a assinatura do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, foi interrompido.

Posteriormente, o Instituto de Pesquisas Radiológicas foi transferido para a Nuclebras (ver mais adiante) e, com a extinção dessa, foi vinculado à Comissão

Nacional de Energia Nuclear, que tinha sido criada em 1959, na qual já estava em preparo um estudo preliminar para a construção de uma central nuclear na Região Centro-Sul do país, projeto que não foi adiante em razão da vantagem comparativa das usinas hidrelétricas.

Em 1971, o governo decidiu implantar uma central nuclear de 750 MW no município de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro, criando, para isso, a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear, que depois teve suas atribuições ampliadas para planejar e implantar no país um programa de geração eletronuclear. Em 1975, essa Companhia foi extinta, criando-se em seu lugar a Nuclebras (Empresas Nucleares Brasileiras), já no clima das negociações que deram origem ao acordo nuclear com a Alemanha.

A nova empresa teve por objetivo promover, com assistência técnica alemã, o desenvolvimento da indústria nuclear no Brasil, mas limitou-se a coordenar um programa de importação de equipamentos e treinamento de pessoal, para a construção de duas centrais eletronucleares em Angra dos Reis e uma fábrica de componentes pesados em Itaguaí, no Estado do Rio de Janeiro (Carvalho, 1987).

### **A experiência brasileira em energia nuclear**

Entre os primeiros usos da energia nuclear no Brasil destacaram-se, no começo da década de 1950, as aplicações biomédicas de radioisótopos. Já em 1959, o Instituto de Energia Atômica produzia radiofármacos.

No Centro de Energia Nuclear na Agricultura desenvolvem-se pesquisas para o emprego de traçadores radioativos no estudo da absorção de fertilizantes e do metabolismo das plantas, e para a aplicação de radioisótopos na pesquisa de fenômenos metabólicos de animais de corte e de produção leiteira.

Na indústria brasileira os radioisótopos são usados rotineiramente desde a década de 1960, para a detecção de falhas, controle de qualidade e controle de produção, particularmente nas indústrias metalúrgicas e de construção mecânica.

O Brasil tem mais de oito mil quilômetros de Costa Atlântica, sendo portanto natural que a Marinha Brasileira procure dotar-se de uma frota com raio de ação e autonomia suficientes para patrulhar e defender o mar territorial brasileiro da incursão de frotas pesqueiras predatórias e traficantes de armas e drogas. Nesse contexto foi instalado em 1988, em Iperó, São Paulo, um centro experimental – em cooperação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares com a Marinha do Brasil – com o objetivo de elaborar o projeto básico de um sistema de propulsão naval e desenvolver experiência na área do ciclo do combustível nuclear, especialmente a etapa do enriquecimento do urânio. Esse centro não recebe apoio do exterior, nem recorre a nenhum dos países que atualmente detêm a tecnologia do enriquecimento. Suas instalações incluem uma unidade piloto para a conversão do *yellow-cake* em hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>); uma oficina mecânica de precisão, na qual são usinados diversos componentes

do protótipo do reator; uma oficina de montagem de equipamentos, uma base de demonstração industrial para fabricação das ultracentrífugas e cascatas desenvolvidas no centro e um laboratório de enriquecimento isotópico.

Em razão de dificuldades orçamentárias, os trabalhos desse centro caminham lentamente; entretanto, graças a ele, o Brasil já domina todas as etapas do ciclo do combustível, além de ter desenvolvido o protótipo de um reator de propulsão nuclear.

### **Falácias e fatos sobre a energia nuclear**

A sociedade aceita bem as atividades relacionadas às aplicações industriais, biomédicas e agrícolas da energia nuclear, assim como o projeto de enriquecimento de urânio. Entretanto, a instalação de usinas nucleares de potência gera muitas controvérsias, provocadas pelos fabricantes de componentes e fornecedores de serviços para centrais nucleares, que avançam argumentos tortuosos, confundindo a opinião pública e favorecendo a propagação de falácias.

A seguir estão alguns dos argumentos que aparecem frequentemente em impressos desses fabricantes e até em pronunciamentos oficiais de autoridades do setor – e fatos correspondentes, raramente lembrados.

**A falácia:** as usinas nucleares poderão garantir o suprimento de eletricidade por tempo ilimitado.

**O fato:** as reservas de minérios nucleares são finitas e a sua exploração depende de combustíveis derivados de petróleo, para acionar os equipamentos de extração e transporte do minério de urânio. Entretanto, as reservas conhecidas desse minério poderão durar o tempo suficiente para que se desenvolvam tecnologias para o uso de fontes energéticas renováveis. No período de transição, as usinas nucleares podem cobrir a demanda por eletricidade, em países que não tenham alternativa mais econômica e segura.

**A falácia:** as usinas nucleares não emitem CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

**O fato:** a operação de uma central nuclear não provoca emissões de CO<sub>2</sub>, mas esse é emitido permanentemente, em todas as etapas do ciclo do combustível nuclear, da mineração de óxido de urânio até a fabricação dos elementos combustíveis. E emite-se marginalmente, na construção e montagem das usinas nucleares.

**A falácia:** o risco de acidentes com usinas nucleares é negligenciável.

**O fato:** a probabilidade de acidente grave no circuito primário com fuga de radionuclídeos para meio ambiente em usinas nucleares como as de Angra é da ordem de milionésimos. Tais usinas são equipadas com reatores a água leve pressurizada (PWR) nos quais os elementos combustíveis (onde acontecem as reações de fissão nuclear) ficam no interior de um vaso de pressão, que é isolado do meio ambiente por duas envoltórias. A envoltória interna, em aço ao vanádio, tem espessura de 2,5 centímetros e é estanque. A externa é de concreto armado e tem espessura de 1,5 a 2 metros. A camada de ar que fica entre ambas é mantida a uma pressão inferior à atmosférica, de forma que, se houver

falhas no vaso de pressão e na envoltória interna, os possíveis vazamentos serão absorvidos antes de chegarem ao ambiente externo. Assim, a probabilidade de acidente grave é mínima, mas não é desprezível. E os acidentes nucleares têm dimensões que os outros não têm. Eles se propagam pelo espaço (regiões inteiras ficam contaminadas e têm que ser evacuadas e interditadas) e pelo tempo (muitas décadas). Um desastre de avião, por exemplo, atinge os passageiros e, por mais traumático que seja, é um acidente que termina no local e no instante em que acontece. Um acidente em central nuclear apenas começa no instante e no local em que ocorre. Alguns anos depois centenas de pessoas sofrerão males induzidos por exposição a radiações ionizantes, como acontece até hoje com as populações que permaneceram nas cidades próximas a Chernobyl, em consequência do acidente – e prevê-se que o mesmo deverá acontecer no caso de Fukushima. Assim, na hipótese de desastres graves como esses, o risco (probabilidade *versus* gravidade) de danos a pessoas e a propriedades públicas e privadas é incalculável. Por isso as companhias de seguros não cobrem integralmente tais sinistros, ficando os prejuízos sempre com as populações atingidas.

**A falácia:** os rejeitos nucleares ficam inofensivos em pouco tempo.

**O fato:** trinta anos depois de serem retirados de reator, os combustíveis irradiados (produtos de fissão, actínídeos e produtos de ativação) emitem cerca de 6% da radiação que emitiam e têm 0,2% de sua potência térmica. Durante esse tempo, são armazenados no próprio sítio da usina. Mas não existe uma solução definitiva para a deposição final dos rejeitos de alta atividade daí retirados. E, mesmo em pequenas doses, as radiações ionizantes exercem efeito cumulativo sobre os seres vivos que, se forem expostos continuamente, ficam sujeitos a aberrações cromossômicas e lesões cancerígenas.

**A falácia:** usinas nucleares são invulneráveis a atentados terroristas.

**O fato:** qualquer instalação industrial é vulnerável e as usinas nucleares não constituem exceção. Tudo depende do rigor com que as instalações são vigiadas e protegidas.

**A falácia:** combustíveis irradiados em centrais nucleares não são adequados para grupos terroristas fabricarem bombas atômicas.

**O fato:** grupos terroristas não precisam de bombas atômicas. Basta que se apossam de combustíveis irradiados numa central nuclear, para terem acesso a produtos de fissão extremamente ativos, como o cézio-137 e o estrôncio-90, e a actínídeos como o plutônio-239 e o plutônio-240, que também são altamente ativos, além de tóxicos. Com isso, podem fazer ameaças de dispersar tais produtos sobre regiões habitadas. Para impedir atos dessa natureza, devem ser institucionalizados dispositivos policiais fortes e custosos.

**A falácia:** o Brasil deve investir em centrais nucleares, porque tem uma das maiores reservas de urânio do mundo.

**O fato:** não faz sentido investir em centrais nucleares – que são antieconômicas no Brasil – apenas para explorar reservas de urânio, pois o país pode gerar

sustentavelmente, num sistema integrado hidroelétrico, toda a energia elétrica que consome e consumirá, quando a população estiver estabilizada. Quanto ao urânio, seria estrategicamente mais racional beneficiá-lo até a etapa do enriquecimento e exportar uma parte.

### **Usinas hidrelétricas *versus* nucleares na expansão do sistema elétrico brasileiro**

A expansão do sistema elétrico deve ser avaliada e decidida à luz de critérios baseados na realidade do país, concernentes à dotação de recursos naturais, ao desenvolvimento tecnológico e à capacidade da economia – mas nunca sob a influência dos *lobbies* das indústrias do carvão, do gás natural ou da energia nuclear.

No Brasil, o debate sobre a expansão do sistema elétrico tem sido enviesado a favor da energia nuclear, do gás natural e, recentemente, até do carvão, contra alternativas renováveis e limpas, como a energia hidráulica e a eólica.

Até 2009, apenas 29,6% do potencial hidrelétrico brasileiro estavam em aproveitamento, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Potencial hidrelétrico brasileiro

<b>Potencial hidrelétrico e seu aproveitamento</b>	<b>GW</b>	<b>%</b>
Usinas em operação (potencial em aproveitamento)	79,3	29,6
Potencial a ser aproveitado	171,0	63,8
<b>Subtotal</b>	<b>250,3</b>	<b>93,3</b>
Potencial de Pequenas Centrais Hidrelétricas	17,5	6,6
<b>Total</b>	<b>267,8</b>	<b>100,0</b>

Fonte: EPE (2010).

A Região Norte – essencialmente a Amazônia – detém 65% do potencial não aproveitado, como se vê na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição geográfica do potencial a aproveitar

<b>Região</b>	<b>Norte</b>	<b>Nordeste</b>	<b>Centro-Oeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>
<b>%</b>	65	3	3	8	21

Fonte: EPE (2010).

Nessa região, que é muito rica em minerais estratégicos, atuam grupos ativistas radicalmente contrários à construção de hidrelétricas. Alguns desses grupos contam com a simpatia de companhias de mineração e empresas interessadas na construção de termelétricas a carvão e nucleares.

Admitamos que, por motivos de caráter social e ambiental, os planos de expansão do sistema elétrico sejam reformulados, para se limitar em 80% o po-

tencial hidrelétrico a aproveitar na Amazônia – e que as hidrelétricas a serem implantadas naquela região aluguem 0,2 km<sup>2</sup>/MW.

Pela Tabela 3, vê-se que essa é uma hipótese conservadora, pois, exceto Ilha Solteira, alguns aproveitamentos existentes em outras regiões e em construção na própria Amazônia apresentam uma relação bem menor, entre área inundada e potência instalada.

Mesmo assim o Brasil poderá adicionar uma capacidade de 148,7 GW aos 79,3 GW já instalados. Com os 17,5 GW das pequenas hidrelétricas, a capacidade hidrelétrica total será de 245,5 GW.

Nesse caso, a área alagada pelos reservatórios amazônicos (incluindo a área já ocupada pelos rios, nas estações chuvosas) seria de aproximadamente 18.000 km<sup>2</sup>, ou seja, menos de 0,4% da área da região – uma alteração perfeitamente assimilável pela natureza.

É razoável, portanto, que o Brasil aproveite o potencial hidrelétrico da Amazônia, para ter um sistema elétrico limpo e sustentável.

Tabela 3 – Área inundada/Potência instalada

USINA	Área alagada (km <sup>2</sup> ) *	Potência (MW)	Á/P (km <sup>2</sup> /MW)
Itaipú	1.400	14.000	0,10
Jupiá	330	1.411	0,24
Ilha Solteira	1.239	3.230	0,39
Campos Novos	27	880	0,03
Chapecó	90	885	0,10
Jirau	258	3.450	0,08
Santo Antônio	271	3.150	0,09

\* Inclui a área que já era ocupada pelo rio, no sítio do reservatório.

Fonte: Eletrobras.

Na Amazônia devem ser implantadas preferencialmente hidrelétricas racionalmente escalonadas ao longo dos rios, segundo o que for indicado em inventários e programas de implementação que respeitem critérios de viabilidade socioambiental e econômica bem definidos. Para isso deve-se normatizar a questão, promulgando leis específicas.

Miniaproveitamentos motorizados com turbinas hidrocínéticas também poderão ser implantados, para suprir pequenas cargas isoladas, evitando malhas de transmissão pela floresta.

Projetos aberrantes, como os de Balbina e Samuel, deveriam ser desativados e, depois de esvaziados, seus reservatórios seriam convertidos em reservas biológicas.

Mediante uma política energética inteligente e rigorosamente aplicada, as empresas públicas e o empresariado do setor de geração elétrica deverão se transformar nos maiores defensores do ecossistema amazônico, pois alterações causadas por desmatamentos comprometeriam a vazão dos rios, inviabilizando as próprias hidrelétricas.

Quanto às emissões de gases causadores de efeito estufa pelos reservatórios hidrelétricos, essas se devem especialmente à decomposição de matéria orgânica e seriam bem menores se os responsáveis pela construção das usinas desbastassem previamente as áreas a serem inundadas e removessem toda a madeira e os resíduos orgânicos para locais não alagáveis. Nas estações secas, quando cai o nível dos reservatórios, o lodo acumulado nas orlas deveria ser removido para – em razão de estudos agronômicos a serem feitos caso a caso – ser aproveitado como fertilizante, na agricultura familiar local.

Orientações simples como essas poderiam dar origem a uma atividade produtiva e rentável para os habitantes da região, que desejassem se integrar à economia convencional.

Ao mesmo tempo, as emissões dos reservatórios hidrelétricos ficariam reduzidas à escala das emissões de qualquer lago natural.

No entanto, as ONG ambientalistas optam por uma posição fundamentalista, baseada no dogma de que a Amazônia é intocável.

É certo que os ecossistemas amazônicos são delicados, mas isso não significa que parem de evoluir e fiquem estacionados em sua condição primordial, se é que se possa falar em condição primordial de sistemas que vêm evoluindo há bilhões de anos, como todos os ecossistemas terrestres. Com ou sem hidrelétricas, os povos indígenas (que já integravam o ecossistema amazônico muito antes da colonização) vão continuar alterando a natureza, com as derrubadas e queimadas de matas, tradicionais em sua agricultura. E ainda há as empresas de mineração, os pecuaristas e o agronegócio.

\* \* \*

Além de dispor de um potencial hidrelétrico dos maiores do mundo, o Brasil apresenta condições muito favoráveis para o aproveitamento da energia eólica.

O sistema hidrelétrico brasileiro opera presentemente com um fator de capacidade de 0,5. Esse fator poderá ser melhorado com a entrada das usinas eólicas, se essas forem integradas às hidrelétricas, na forma de um sistema hidro-eólico, no qual os despachos de carga permitam que parte da energia gerada nos parques eólicos seja “armazenada” – isto é, acumulada na forma de água nos reservatórios hidrelétricos – de modo semelhante às malhas termoeólicas de alguns países europeus, onde a energia eólica permite que se economize gás natural ou óleo combustível (Ummels, 2008).

Segundo um levantamento feito em 2001 pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, da Eletrobras, em conjunto com as firmas Camargo-Schubert Energia Eólica e True Windows Solutions, o potencial eólico brasileiro para ventos com velocidade média superior a 7 m/s e turbinas instaladas em torres de 50 m é de 143,47 GW (Tabela 4). E recentes estudos mostram que, com torres mais altas, o potencial pode chegar a 300 GW.

Tabela 4 – Potencial eólico (ventos com velocidade média superior a 7 m/s)

REGIÃO	Área cumulativa (km <sup>2</sup> )	Potência instalável (GW)
Norte	6.420	12,84
Nordeste	37.526	75,05
Centro-Oeste	1.541	3,08
Sudeste	14.869	29,74
Sul	11.379	22,76
BRASIL	71.735	143,47

**Observações:**

1 – Foram considerados parques eólicos com densidade máxima de ocupação do solo de 2 MW/km<sup>2</sup>, que é conservadora.

2 – Não foram consideradas áreas ocupadas por florestas, lagos e rios, nem áreas sobre o mar.

3 – Admitiram-se curvas médias de desempenho de modernas turbinas eólicas encontradas no mercado, instaladas em torres de 50 m de altura.

*Fonte:* Cresesb/Cepel/Eletrobras (2001).

Aproveitando, portanto, apenas fontes primárias limpas e sustentáveis, o sistema interligado teria uma capacidade conjunta de 389 GW, podendo gerar 1.466 GW×hora firmes por ano, admitindo-se, conservadoramente, que o fator de capacidade do sistema integrado será de 0,43 (média ponderada dos fatores de capacidade de cada sistema, isoladamente). A reserva de segurança do sistema hidroeólico ficaria nas termelétricas a gás natural já existentes, que entrariam em linha apenas em períodos hidroeólicos críticos.

Esse sistema ainda poderia operar em sinergia com usinas termelétricas a biomassa, pois – sendo a frota automotiva brasileira em grande parte alimentada com etanol – sobram excedentes de bagaço de cana que podem alimentar termelétricas de pequeno porte, totalizando uma capacidade conjunta da ordem de 15 GW (Única, 2008). Embora despiciendo para o setor elétrico, tal aporte é interessante por evitar que as destilarias queimem a céu aberto os seus excedentes de bagaço.

\* \* \*

De acordo com o IBGE, a população brasileira deverá se estabilizar em 215,3 milhões de habitantes, por volta do ano 2050, como está indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Revisão da projeção da população brasileira

Ano	População (milhões)
2010	193,2
2020	209,9
2030	215,8
2040	219,2
2050	215,3

Fonte: IBGE (2008).

Assim, a partir daquele ano, o sistema elétrico interligado poderá oferecer permanentemente cerca de 6.820 kWh, por habitante, por ano. Isso significa que, sem apelar para centrais nucleares, o consumo *per capita* de energia elétrica no Brasil poderá equiparar-se ao dos países europeus de alto padrão de vida listados na Tabela 6.

Tabela 6 – Consumo de eletricidade *per capita* na Europa, em 2007

PAÍS	CONSUMO (kWh/hab×ano )
França	7.328
Holanda	6.695
Alemanha	6.663
Reino Unido	5.774

Fonte: Energy Statistics (2007).

Como o clima do Brasil é ameno, os edifícios comerciais, indústrias e residenciais não precisam de sistemas de calefação, como na França, onde esses sistemas respondem por cerca de 20% do consumo de eletricidade (Insee, 2009).

Não tendo esse ônus, o Brasil poderia eletrificar muitos setores que hoje dependem de combustíveis fósseis, começando pelos transportes urbanos, atualmente baseados em automóveis e ônibus. Isso contribuiria muito para reduzir a poluição atmosférica; melhorando, portanto, a qualidade de vida da população.

Qualquer país que tenha potencial hidrelétrico importante e capacidade técnica para explorá-lo procura aproveitá-lo ao máximo, antes de apelar para alternativas mais caras e ambientalmente agressivas ou perigosas, como as tér-

micas a combustíveis fósseis e as nucleares. Assim, por exemplo, as hidrelétricas respondem por 99% do suprimento de eletricidade na Noruega; 60% na Áustria; 55% na Suíça; 50% na Suécia; indo até 12% na França (Hydro Power and Dams World Atlas, 2001).

\* \* \*

Neste artigo não foi considerado o potencial fotovoltaico, o qual, graças a importantes avanços tecnológicos nos campos dos semicondutores e das redes inteligentes (*smart grids*), poderá, em médio prazo, desempenhar um papel muito importante no sistema elétrico brasileiro.

Para estimular o aproveitamento da energia fotovoltaica, países desenvolvidos como Alemanha, França, Espanha, Japão e Estados Unidos têm implantado programas de incentivo para baixar seus custos a níveis competitivos com as fontes tradicionais.

Graças a essa política, só em 2010, na Alemanha, por exemplo, foi instalada uma potência totalizando 10,2 GW, em sistemas fotovoltaicos individuais.

No artigo também não foi considerada a possibilidade de se aproveitarem resíduos urbanos em minicentrals termelétricas. Segundo a EPE, até 2030, as minicentrals a resíduos urbanos poderiam somar uma capacidade conjunta de 11,4 GW (EPE, 2010).

### **Estratégia de vendas da indústria nuclear**

Países como França e Japão já aproveitam ao máximo os seus potenciais hidrelétricos. Assim, para produzir a energia elétrica indispensável à sobrevivência de suas economias, não lhes restou alternativa senão investir na opção nuclear – especialmente a França, que é intensamente eletrificada. Isso para o médio prazo, pois, visando o longo prazo, estão investindo seriamente no desenvolvimento de fontes renováveis.

A França tem 59 centrais nucleares operadas pela estatal Electricité de France (EdF), as quais geram mais de 430.000 GWh por ano, o que representa cerca de 78% da eletricidade lá consumida.

A idade de muitas dessas centrais já passa de 40 anos, portanto grandes investimentos deverão ser feitos nos próximos anos, para desativar e descomissionar velhas centrais e construir novas, até repor todo o parque nuclear.

Em 2005, o governo francês instituiu novas diretrizes de política energética e de segurança de instalações nucleares – e decidiu investir no desenvolvimento de um reator de nova geração, o European Pressurised Water Reactor (EPR), com a entrada em linha de uma unidade inicial de 1,65 GW prevista para 2015. A partir dessa unidade, deverão ser instaladas 40 usinas semelhantes, para repor as usinas que estão chegando ao fim de suas vidas úteis (World Nuclear Association, 2009).

Cálculos otimistas indicam que os investimentos necessários para descontaminar sítios e descomissionar velhas usinas – e construir as novas – chegarão a algo em torno de um trilhão de euros.

A viabilização econômica desses investimentos implicaria custos de eletricidade que não poderiam ser suportados pela economia francesa.

Para amenizar o problema, a indústria nuclear procura ratear os custos dos referidos investimentos em mercados expandidos sobre países vulneráveis ao seu *lobby*, mesmo que disponham de fontes de energia renováveis, limpas e mais econômicas, como a energia hidrelétrica e a eólica.

Com esse objetivo, os fabricantes de componentes e fornecedores de serviços para usinas nucleares começam pela estratégia de incentivar a criação de fóruns e associações para o desenvolvimento de atividades nucleares nos diversos países que tenham capacidade financeira para importar essas usinas.

Tais associações são, em geral, dirigidas por ex-diretores ou ex-funcionários de empresas do governo, com trânsito nas repartições públicas do setor energético.

No exercício de suas atividades, essas associações procuram interagir com as universidades mais importantes do país, participando de mesas-redondas e seminários e publicando trabalhos de divulgação, nos quais exaltam as vantagens das usinas nucleares e omitem as suas desvantagens.

Esses trabalhos têm influência sobre a opinião pública e sobre políticos que ocupam cargos técnicos nos ministérios, o que em parte explica a decisão do governo brasileiro, anunciada em outubro de 2008, de investir num vasto programa de construção de usinas nucleares, negligenciando a vantagem de o Brasil poder gerar toda a energia elétrica necessária ao desenvolvimento, usando apenas fontes primárias renováveis, limpas e mais econômicas do que a nuclear.

De resto, as usinas nucleares não são economicamente competitivas no Brasil, como se mostra na Tabela 7, que apresenta os custos da energia produzida em usinas típicas no país, operando a partir das diversas fontes primárias disponíveis.

Tabela 7 – Custo da eletricidade e produção anual de usinas brasileiras típicas

PROJETO (Potência)	Custo da energia	Produção anual*	Prazo de construção
Carvão (350 MW)	US\$ 134 / MWh	1.534.000 MWh	~ 4 anos
Nuclear (1.345MW)	US\$ 113 / MWh	10.258.000 MWh	~ 7 anos
Gás natural (500 MW)	US\$ 79 / MWh	1.315.000 MWh	~ 3 anos
Bagaço de cana (12 MW)	US\$ 74/ MWh	63.000 MWh	~ 3 anos
Hidroelétrica (6.450 MW)	US\$ 46 /MWh	28.270.350 MWh	~ 5 anos

\* Fatores de capacidade: Hidro = 0,50; Nucleares = 0,87; Gás = 0,80; Carvão = 0,50; Bagaço = 0,60.

Fonte: Energy Policy (2009).

Na elaboração da Tabela 7 foi considerado o subsídio dado pelo governo às centrais nucleares (Energy Policy, 2009).

### **Considerações finais**

Com o Projeto Manhattan, instituído em 1942 por iniciativa do governo dos Estados Unidos em seu plano de desenvolver a bomba atômica, a energia nuclear passou a ser tratada como matéria de segurança nacional, sujeita a normas restritivas no tocante às informações dadas a conhecimento público.

Essa origem influenciou sensivelmente a indústria nuclear civil – o que, em parte, explica a sua falta de transparência. E tem influenciado também a Agência Internacional de Energia Atômica (Aiea), que foi criada em 1957 e segue uma orientação corporativista, claramente enviesada a favor do aumento da participação da energia nuclear nos sistemas elétricos, em todos os continentes.

Depois do acidente de Fukushima, entretanto, os arcanos dessa indústria começaram a ser abertos até mesmo na França, onde as usinas nucleares respondem por 78% da energia elétrica gerada.

No livro *La vérité sur le nucléaire*, publicado em junho de 2011, a ex-ministra do Meio Ambiente, Corinne Lepage, revela que os custos da energia gerada em centrais nucleares são altamente subvencionados pelo Estado e que tudo o que é divulgado a respeito disso vem revestido de dissimulações e meias-verdades.

Segundo ela, fatos pouco divulgados publicamente dão conta de que as empresas Areva (fabricante de componentes e fornecedora de serviços para a implantação de centrais nucleares) e EdF (estatal que gera, transmite e distribui energia elétrica na França) enfrentarão sérias dificuldades, causadas, entre outras coisas, pelo insucesso do reator EPR, que teve suas encomendas canceladas na China e na Índia.

A Sra. Lepage também revela que na França já houve acidentes que contaminaram lençóis freáticos – e poderiam ter sido catastróficos – em usinas nucleares como as de Chooz, em 1968; Saint-Laurent-des-Eaux, em 1969 e 1980; Gravelines, em 1989; Blayais, em 1999; na usina de reprocessamento de La Hage, em 1981 e no sítio do Tricastin, onde estão diversas instalações do ciclo do combustível nuclear e uma central de potência, em 2008.

A ex-ministra condena a desfaçatez com que é minimizada a gravidade dos acidentes nucleares, em particular a de uma catástrofe como a de Chernobyl, que causou a morte imediata de dezenas de trabalhadores no sítio da usina e vem fazendo, anualmente, milhares de vítimas das radiações ionizantes emitidas pelos produtos de alta atividade dispersados sobre vastas regiões da Bielorrússia, da Ucrânia e da Rússia. E, por fim, revela que, ao contrário do que propala a corporação nuclear, a opinião pública francesa não é unânime, mas sim majoritariamente contrária à energia nuclear.

O acidente de Fukushima arrefeceu a pulsão de renascimento que a indústria nuclear experimentava em anos recentes.

Na Alemanha, país que detêm a tecnologia das usinas de Angra II e Angra III, foram desativadas sete usinas nucleares e o governo já cancelou os planos para a implantação de novas usinas, decidindo, também, que as restantes serão desativadas e descomissionadas até 2022. Atitudes semelhantes são constatadas na Bélgica, na Espanha e na Itália.

Cedendo, entretanto, ao *lobby* da indústria nuclear, as autoridades brasileiras afirmam que o plano de se instalarem outras centrais nucleares além das de Angra dos Reis será integralmente mantido, no que são apoiadas por alguns jornalistas, professores e economistas de valor em suas especialidades – porém leigos em matéria de energia.

### **Conclusões**

Nenhum outro país das dimensões do Brasil dispõe de um potencial energético renovável como o brasileiro.

Como se mostrou no artigo, o Brasil poderá ser o primeiro grande país do mundo a ter um sistema elétrico inteiramente sustentável, ambiental e economicamente. A isso opõem-se os *lobbies* da indústria nuclear, do gás natural e do carvão.

No Brasil, o espaço da energia nuclear encontra-se na pesquisa científica, nas aplicações biomédicas, industriais e agrícolas – e na propulsão naval.

Os recursos que se pretende aplicar em centrais nucleares de potência trariam maiores benefícios para o país se fossem canalizados para as referidas aplicações – e para o desenvolvimento tecnológico na área das energias renováveis; caso contrário, continuaremos na retaguarda dos países industrializados, que já estão investindo importantes recursos nessa área.

Insistir na construção de centrais nucleares é uma atitude paradoxal, voluntariosa e contrária ao desenvolvimento tecnológico no campo das modernas fontes energéticas efetivamente renováveis e limpas, que deverão prevalecer no futuro.

Por fim, é importante assinalar que a Constituição Brasileira de 1988, em seu artigo 21 – inciso XXIII-a, dispõe que “toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional”.

Além disso, em 1997 o Brasil aderiu ao Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, renunciando a qualquer tipo de atividade relacionada à produção e emprego da energia nuclear para fins bélicos.

## Referências

- BRASIL. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Cresesb/Cepel/Eletróbrás, 2001.
- BRITO, S. S. Situação atual e perspectivas da energia nuclear. In: LEPECKI et al. *Introdução à geração núcleo-elétrica*. Belo Horizonte: Imprensa UFMG, 1968. p.355-9.
- CARVALHO, J. de. O acordo nuclear Brasil-Alemanha. In: CARVALHO, J. de. et al. *O Brasil nuclear – Uma anatomia do desenvolvimento nuclear brasileiro*. Porto Alegre: Tche, 1987. p.49-50.
- CRESESB-ELETRÓBRÁS-CEPEL. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=1>>.
- DOES BRAZIL need Nuclear Power Plants? *Energy Policy*, v.37, p.1580-4, 2009.
- ENERGY STATISTICS, 2007. Disponível em: <[http://www.nationmaster.com/graph/ene\\_ele\\_con\\_percap-energy-electricity-consumption-per-capita&date=2007](http://www.nationmaster.com/graph/ene_ele_con_percap-energy-electricity-consumption-per-capita&date=2007)>.
- ENERGY POLICY. *Does Brazil need new nuclear power plants?* Amsterdam: Elsevier, 2009. v.37, p.1580-1584.
- EPE – Balanço Energético Nacional, 2010.
- HYDRO Power and Dams World Atlas. In: LECKSCHEIDT, J.; TJAROKO, T. S. *Overview of mini and small hydropower in Europe - GrIPP - N E T*, 2001.
- IBGE, 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1272&id\\_pagina](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1272&id_pagina)>.
- INSEE, 2009, Consommation finale d'électricité en France, par secteur. Disponível em: <[http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=NATTEF11358](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF11358)>.
- LEPAGE, C. *La vérité sur le nucléaire*. Paris: Albin Michel, 2011.
- UMMELS, B. C. et al. Integration of large-scale wind power and use of energy storage in the Netherlands' electricity supply. *IET Renewable Power Generation*, v.2, n.1, 2008.
- ÚNICA – União da Indústria da Cana-de-Açúcar, 2008. A Importância do etanol e da cogeração na atual matriz energética brasileira e os principais desafios.
- WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2009, Nuclear Power in France. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf40.html>>.

*RESUMO* – Este artigo repassa a história e descreve a experiência acumulada em energia nuclear no Brasil, mostrando que as aplicações biomédicas, industriais e agrícolas desenvolveram-se bem no país, a partir dos anos 1950. Em seguida, o artigo demonstra que o país pode cobrir seu consumo de energia elétrica apenas com fontes renováveis de energia, sem recorrer a usinas nucleares de potência. Por fim, são analisados os argumentos comuns na imprensa, a favor e contrários às centrais nucleares, e são discutidos alguns aspectos comerciais e políticos do problema. São também examinadas as estratégias de vendas da indústria nuclear no Brasil.

*PALAVRAS-CHAVE:* Usinas hidráulicas e eólicas *versus* nucleares e térmicas a combustíveis fósseis, Política de vendas da indústria nuclear.

*ABSTRACT* – This article reviews the history and describes the experience on nuclear energy in Brazil, showing that nuclear technology applied to biomedical sciences, industry and agriculture has been largely developed in this country, from the year 1950 on. Then the paper shows that Brazil can cover its electricity consumption with only renewable energy sources, without nuclear power plants. Finally the arguments usually employed in the press, pro and against nuclear power plants are analyzed and some commercial and political aspects of the problem are commented. The sales strategy of the nuclear industry in Brazil is also commented.

*KEYWORDS:* Hydro and eolic power plants *versus* nuclear and fossil power plants, Sales policy of the nuclear industry.

*Joaquim Francisco de Carvalho* é pesquisador associado ao IEE/USP, foi diretor da Nuclen (atual Eletronuclear) e presidiu a comissão consultiva criada pela presidência da República, para avaliar o acidente com o césio 137 ocorrido em 1987.  
@ – [jfdc35@uol.com.br](mailto:jfdc35@uol.com.br)

Recebido em 18.4.2011 e aceito em 18.5.2011.

