



CADERNO OPINIÃO

## ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS: AS DIFERENTES VISÕES A RESPEITO DA ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

---



---

## SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

### DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

### SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

### SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

### ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

### ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

### SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

### COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

### PESQUISADORES

Angélica Marcia dos Santos

Carlos Eduardo P. dos Santos Gomes

Fernanda de Freitas Moraes

Glaucia Fernandes

Guilherme Armando de Almeida Pereira

Mariana Weiss de Abreu

Pedro Henrique Gonçalves Neves

Priscila Martins Alves Carneiro

Tamar Roitman

Tatiana de Fátima Bruce da Silva

Thiago Gomes Toledo

Vanderlei Affonso Martins

### CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell

Magda Chambriard

Milas Evangelista de Souza

Nelson Narciso Filho

Paulo César Fernandes da Cunha



## OPINIÃO

### ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS: AS DIFERENTES VISÕES A RESPEITO DA ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

Durante o período de 10 de janeiro a 10 de fevereiro de 2019, foram ouvidos 14 especialistas em energia nuclear de diferentes instituições, com o objetivo de coletar informações a respeito de diversos assuntos relacionados à utilização da energia nuclear no Brasil, entre eles: os benefícios e desafios associados à ampliação desta fonte para o sistema elétrico nacional; considerações necessárias para a implantação de novas usinas; a competitividade em termos de preço de venda da energia em relação às outras fontes; e as oportunidades e desafios relacionados à exploração de urânio no país.

A FGV Energia agradece a participação dos entrevistados que colaboraram com as suas visões, agregando maior conteúdo à discussão.

#### ADRIANO PIRES

*Diretor do Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE)*

A ampliação da participação da energia nuclear na matriz elétrica, além de ser um bom negócio, é importante para o país como um todo. Atualmente, a energia nuclear representa cerca de 3% da geração de energia elétrica brasileira, portanto a maior inserção da energia nuclear será favorável à segurança do fornecimento de energia, pois trata-se de uma energia firme e que, portanto, garante provimento contínuo de eletricidade. Além disso, a energia nuclear é uma fonte barata, ou seja, de baixo custo de produção - apesar do elevado custo de investimento, amortizado ao longo do tempo-, contribui para o desenvolvimento sustentável, dado que não gera gases do efeito estufa na geração, e a construção da usina é um evento gerador de empregos.

Adicionalmente, são diversos os benefícios da ampliação da geração por fonte nuclear para o sistema elétrico, sendo o principal o aumento da confiabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica. O Sistema Elétrico Brasileiro passa por uma evidente transição energética, dada a perda da capacidade de regularização dos reservatórios das usinas hidroelétricas e a forte expansão das fontes renováveis intermitentes e sazonais como eólica, biomassa e solar. A redução da capacidade de armazenamento dos principais reservatórios do país vem tornando necessária a manutenção do acionamento térmico, por vezes sem planejamento adequado. Além disso, as novas hidrelétricas, em grande parte a fio d'água, estão sendo construídas cada vez mais distantes dos centros de consumo, exigindo assim a construção de longas linhas de transmissão.

Por isso, o futuro do setor elétrico exige um balanço entre as fontes distantes, sazonais e intermitentes com fontes de geração constantes e próximas aos centros consumidores, garantindo, assim, a segurança no sistema. É nesse contexto que a reinserção das usinas nucleares no planejamento energético do país torna-se oportuna. Esse tipo de geração possui características benéficas ao sistema elétrico nacional, como: a possibilidade de implantação em áreas reduzidas, o elevado fator de capacidade, a grande oferta de energia na base, as grandes reservas de urânio existentes no país, o baixo custo do combustível, o domínio tecnológico do ciclo de enriquecimento do urânio e o reduzido impacto ambiental.

Para a implantação de uma nova usina nuclear, é de extrema importância o adequado planejamento e projeto, englobando custos, prazos e segurança. Merece destaque a questão da segurança, por ser esta uma das maiores preocupações relacionadas à geração por esta fonte. Deve-se ter impecável polí-

tica de segurança, sobretudo relacionada ao armazenamento de resíduos radioativos e à segurança dos reatores, para prevenir acidentes. O projeto deve prever, também, a minimização dos impactos ambientais durante a operação das usinas, dada a geração de efluentes líquidos e gasosos, químicos e radioativos, originários de diferentes atividades, como manutenções, descontaminações, desativação de circuitos e mudanças na potência do reator. Esses efluentes são coletados, estocados e tratados, quando possível, para serem posteriormente descartados no ambiente, obedecendo os limites impostos pela legislação.

A vantagem do uso do urânio como fonte de energia é a sua alta concentração energética. Um quilo de urânio natural ou vinte cinco gramas de urânio enriquecido, que correspondem a vinte toneladas de carvão ou dez toneladas de petróleo, produzem 50.000 kWh (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2012). Uma das vantagens da exploração do urânio no país é a existência de expressiva reserva do mineral no nosso território. O Brasil ocupa a sétima posição no ranking mundial, com 309 mil toneladas do minério distribuídas entre Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais. No Brasil, a maior utilização do urânio se dá na geração de energia elétrica, com utilização em menor proporção na medicina e agricultura. Para atender as usinas nucleares nacionais (Angra I e II), o país importa urânio, devido ao fechamento da mina de Caetité (BA) e, conseqüentemente, da queda na produção de urânio a partir de 2014. Assim sendo, mesmo com a queda da cotação internacional do urânio desde 2010, a retomada da exploração, produção e enriquecimento de urânio no país geraria economia com a importação (da ordem de centenas de milhares de reais) e garantiria maior segurança no suprimento. Ou seja, o fomento da exploração e produção de urânio no país, desde que viável econo-

micamente, é importante tanto para o atendimento da demanda interna quanto para a exportação.

A ampliação da exploração e produção de urânio no país, contudo, exigirá o fomento à pesquisa e tecnologia. De igual importância é a viabilização de parcerias do setor privado com a Indústria Nuclear do Brasil (INB), estatal de economia mista vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) e encarregada da prospecção, pesquisa e lavra de jazidas de minérios nucleares. Segundo a *World Nuclear Association*, o Brasil possui cerca de 5% da reserva global de urânio, mesmo sem grandes investimentos em exploração desde a década de 90. No segmento de enriquecimento, os valores acumulados de investimento estão na faixa de R\$ 500 milhões e a previsão é de que esse montante pode ser elevado em R\$ 3 bilhões.

---

## AMARO PEREIRA

*Professor do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE-UFRJ)*

A energia nuclear não é competitiva no Brasil do ponto de vista da geração de energia elétrica, porém o desenvolvimento de usinas nucleares pode favorecer outras áreas, como a construção de submarinos de propulsão nuclear. A própria decisão para a construção de Angra 3 não se baseou em fatores meramente econômicos, mas na preocupação em perder a capacitação técnica nacional construída ao longo de mais de quatro décadas.

O país atualmente domina a técnica de enriquecimento do urânio, mas não produz o combustível nuclear para as suas usinas por falta de uma demanda em escala suficiente para justificar economicamente

a atividade. A construção de novas usinas nucleares, nesse sentido, poderia dar a escala necessária para esta produção, a qual poderia beneficiar outros setores. Para isso, é necessária a manutenção da capacidade técnica existente no Brasil.

Por outro lado, o Sistema Interligado Nacional – SIN é predominantemente hidráulico, com usinas eólicas e fotovoltaicas em franca expansão. Isso significa que o SIN precisará, cada vez mais, de fontes que complementem essa geração, visto que elas são extremamente dependentes das condições climáticas. Definitivamente, uma usina nuclear não tem estas características, pois ela opera somente na base. No longo prazo, pode ser que o sistema mude de característica e as nucleares passem a ter novamente um papel importante a desempenhar. Por exemplo, hoje há uma grande discussão em torno da necessidade de novas formas de armazenamento de energia. Dentre elas, destaca-se o armazenamento de energia a partir do hidrogênio, que pode ser coproduzido pelas usinas nucleares. Além do armazenamento de energia propriamente dito, o hidrogênio também poderia ser aproveitado para outros usos, principalmente, na produção de células a combustível.

No caso específico da usina Angra 3, o preço da energia gerada não é competitivo. Sua energia foi contratada no formato de Energia de Reserva e tem um valor bem superior ao de outras usinas contratadas na mesma modalidade, tais como, eólicas, fotovoltaicas e a biomassa. Assim, as justificativas para a construção de uma usina nuclear não estão na geração de energia, mas em outros benefícios que ela pode proporcionar.

Uma questão sempre mencionada como favorável à energia nuclear é o fato de ela não emitir gases de efeito estufa durante a operação. Quando compa-

rada a usinas térmicas a carvão mineral, óleo, ou gás natural, esta característica certamente se destaca. Por outro lado, comparada à energia eólica, esta vantagem é reduzida pelo fato de a usina nuclear exigir grandes investimentos em obras civis e em equipamentos que são energo-intensivos, com pegada de carbono bastante elevada.

Vale mencionar, também, os riscos que envolvem a operação de uma usina nuclear. Em sua atividade, são gerados resíduos com baixa, média e alta radioatividade. Aqueles com baixa e média radioatividade não causam grandes preocupações, pois são armazenados em segurança e em pouco tempo podem ser, até, reciclados. Os resíduos com alta radioatividade, por outro lado, geram maiores preocupações. O volume atualmente ainda é pequeno, mas não se definiu um destino adequado para eles. Também há um grande receio sobre as consequências de um possível vazamento desses elementos radioativos, além da dúvida a respeito do país estar preparado para lidar com um desastre de tamanha proporção.

Por fim, cabe mencionar os benefícios que a exploração de urânio pode trazer para a economia brasileira, como geração de emprego e renda, que é similar a qualquer atividade de mineração. Obviamente, há riscos envolvidos, como os vistos recentemente nas cidades de Mariana e Brumadinho.

Apesar de ser possível haver ganhos econômicos em toda a cadeia produtiva da energia nuclear, a justificativa para a construção de novas usinas nucleares não está na geração de energia elétrica. Pelo menos, não no curto prazo. Por outro lado, podem haver outros benefícios, como a construção de submarinos de propulsão nuclear, ou a produção de hidrogênio para armazenamento de energia

e para a produção de células a combustível. Neste caso, há que se ter transparência na formulação da política nuclear e no estabelecimento de prioridades para o país.

---

## AMILCAR GUERREIRO

*Diretor da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)*

De uma forma geral, há um interesse estratégico no desenvolvimento da energia nuclear no Brasil, seja porque se detém uma grande reserva de urânio, seja porque se detém a tecnologia para a produção do elemento combustível. A energia nuclear é de fato uma opção no longo prazo, quando se considera o nível de conhecimento tecnológico de hoje, associado à posse do recurso energético. Tais fatores favorecem a inclusão desta fonte entre as alternativas a serem consideradas para a expansão da oferta de energia no Brasil.

Adicionalmente, o custo do combustível é muito baixo, em comparação a outras fontes, pela quantidade de energia existente no elemento combustível. A conversão em energia elétrica, portanto, sai a um valor bastante competitivo. Como resultado, a disponibilidade de uma usina nuclear faz com que ela esteja sempre em operação na máxima carga, cumprindo um papel semelhante ao das hidrelétricas.

Dentro do sistema elétrico brasileiro, Angra 3 será uma típica usina de elevado custo de capital e baixo custo operacional. As hidrelétricas também têm um custo de capital elevado. O caso de Angra 3 é um caso particular, ao se considerar o que ainda falta investir e, sobretudo, ao se comparar com as despesas para fazer a desmobilização daquilo que já foi feito.

Deve-se considerar, ainda, que hoje a energia eólica aparentemente está muito barata, mas ela precisa estar associada a outras fontes, dado que, se o vento para de uma hora para outra, a produção de energia cai. Já a nuclear tem a vantagem de ser uma energia disponível e confiável, em que é possível ter o absoluto controle da produção.

Nesse sentido, é importante analisar o papel que cada fonte deve desempenhar no sistema. A fonte nuclear, portanto, disputa uma faixa da oferta de base, para as quais concorrem as hidrelétricas (que estão geograficamente distantes), e termelétricas a carvão ou gás. A grande vantagem da nuclear em relação ao gás é o custo do combustível. A desvantagem é ter um custo de capital mais elevado. Outra vantagem em relação a uma usina a carvão é a baixa emissão de gases de efeito estufa. Todos esses aspectos devem ser ponderados para decidir entre as tecnologias disponíveis.

---

## DOREL SOARES RAMOS

*Professor do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas (PEA/USP)*

A energia nuclear pode ser um bom negócio para o Brasil desde que as novas usinas não sejam planejadas e construídas da forma como foram as usinas de Angra 1, 2 e 3. Angra 3 foi construída em cima de uma falha geológica, além de a obra ter de ser paralisada por falta de recurso. Sob o paradigma de Angra 3, certamente a energia nuclear não é um bom negócio, mas, não obstante, não podemos demonizar esse tipo de fonte. Não é porque as primeiras usinas foram mal planejadas que vamos esquecer as nucleares.

Na França, por exemplo, a energia nuclear é muito bem vista e tem prestado bons serviços ao sistema energético. Além disso, a França exporta energia nuclear para outros países. Portanto, se for feito um planejamento considerando as melhores técnicas e tecnologias, sem forçar outros interesses, e se o resultado indicar atratividade e/ou competitividade da opção nuclear frente às outras opções, então certamente a energia nuclear é um bom negócio, uma vez que pelos princípios de planejamento somente serão selecionadas as opções que sejam boas do ponto de vista da nação como um todo e dos empreendedores, sejam eles o Estado ou uma PPP – Parceria Público Privada.

As fontes nucleares se caracterizam por uma produção estável, se forem feitas dentro da melhor técnica, com tecnologia atualizada. Isso contrasta com as fontes intermitentes, como a eólica e a solar, que estão entrando na matriz. Apesar dessas fontes serem bem-vindas, não podemos ter um sistema só com fontes intermitentes. A energia nuclear entraria no sistema para operar na base de carga junto com algumas térmicas a gás de custo baixo (ciclo combinado), liberando as usinas hidroelétricas para fazerem o *follow up* da curva de carga, ou seja, seguir as variações da curva de carga. Ao liberar a hidroelétrica do despacho de base, ela pode ficar como reserva para atender o sistema. Além disso, as nucleares permitem uma diversificação da matriz energética por fontes ambientalmente limpas – excluindo, claro, a possibilidade de um acidente nuclear, como o de Chernobil. Tirando esse risco, elas podem mitigar o risco de racionamento que o sistema ainda corre, porque ainda é majoritariamente hidroelétrico. A nuclear mitiga a variabilidade tanto em pontos sazonais, período seco ou úmido dentro do ano, e variações interanuais, como também pode



atuar para minorar o risco de um racionamento se o sistema entrar um período seco prolongado.

No caso de novas usinas nucleares, precisamos possuir a melhor tecnologia e ter critérios muito mais rígidos de segurança, pois com acidente nuclear não se brinca. É preciso levar em conta, durante a implantação, a busca por uma solução com relação ao impacto socioambiental, e escolher o local da construção de forma a não destruir uma localidade turística. A localização é muito importante, especialmente depois da desastrosa escolha no caso de Angra 3, que foi construída em cima de uma falha geológica, o que fez aumentar o custo da usina. Deve-se olhar o custo real para o país, sem viés, mantendo sempre um altíssimo nível de transparência para toda e qualquer decisão. Há que se definir, ainda, com toda a atenção e de forma muito criteriosa, a política de descarte, ou política de armazenamento do combustível utilizado. O lixo nuclear tem que ser armazenado por centenas de anos, até o momento em que não ofereça risco. Entre as opções está a de colocar o lixo no fundo do mar; os ambientalistas detestam, mas outros acham tolerável. Não existe consenso. Mas, uma coisa é certa, deve existir uma política aceita pela sociedade sobre o que fazer com esse lixo nuclear, já que ele vai existir. Essa é uma característica dessa fonte, e talvez seja o maior problema dela. Para definir a melhor política, é preciso pensar em um programa nuclear continuado a partir de novas instalações, e não a partir dessas que já existem.

Se considerarmos o gasto que ainda falta com Angra 3, considerando o que a sociedade já empenhou como um custo afundado, Angra 3 não é competitiva no momento. Existem fontes que podem gerar a um custo menor. Mas essa análise é simplista, pois só considera a geração de energia comparada, por

exemplo, com a solar, que é intermitente. A nuclear não é intermitente. Para a solar ser uma fonte confiável para o sistema, é preciso ter opções de armazenamento, porque só se tem sol durante algumas horas do dia. Portanto, na hora de comparar as fontes, deve-se fazer uma análise bem detalhada e contabilizar outros atributos, como armazenamento e reserva dinâmica, de uma forma isenta. Não dá para afirmar quem seria competitivo ou não. É preciso fazer toda uma análise para saber quando a nuclear será de fato competitiva, sem forçar para outros interesses. Estou me referindo aqui somente ao interesse de gerar energia elétrica, para o Brasil ser uma potência nuclear pacífica, ou seja, só com o objetivo de geração de energia. É claro que isso ainda permite alavancar o desenvolvimento tecnológico e a medicina, por exemplo.

Pensando em fins energéticos, a energia nuclear é uma fonte nacional que substitui combustíveis fósseis. Existem vantagens na exploração de urânio, dentro de políticas sérias, de implementação de um programa de geração nuclear. Isso alavanca a economia, o PIB do país se eleva, pois, é uma indústria de base que produz e gera emprego. Pode ser muito importante e vantajosa para o país a exploração de urânio, dependendo da magnitude do programa. Se for um programa pequeno, o impacto também será. Caso contrário, o impacto pode ser mais significativo.

---

## JOÃO TUPINAMBÁ

*Especialista Superior de Estratégia Nuclear das Indústrias Nucleares do Brasil (INB)*

A energia nuclear não é somente a geração de energia núcleo-elétrica, é um negócio bem mais abrangente, pois pode alavancar todas as etapas do ciclo do combustível nuclear, que vai da mineração à

fabricação do elemento combustível para os reatores, passando pelo enriquecimento isotópico do urânio. As centrais nucleares por si só, já são investimentos de porte altíssimo nas economias locais e nacionais, e a sua implantação alavanca emprego e renda, além do arraste tecnológico que ela traz.

É importante destacar os variados negócios que podem advir da área nuclear. O Brasil já experimentou um pouco dessa possibilidade, pois já exportou compostos beneficiados de Urânio para a Argentina. Outra possibilidade, que a INB, em conjunto com o IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) e o CTMSP (Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo), está buscando avançar é a produção e exportação de urânio metálico, enriquecido isotopicamente a 20%, inicialmente também para a Argentina. Trata-se de um produto de alto valor agregado, utilizado em reatores de pesquisa. O urânio metálico será, muito provavelmente, no futuro, a matéria prima dos combustíveis nucleares dos reatores mais avançados.

Do ponto de vista do setor elétrico, o primeiro fator a ser considerado é o melhor equilíbrio da matriz energética brasileira, de forma que seja capaz de proporcionar maior confiabilidade ao sistema elétrico nacional. Hoje, a fatia do mercado de energia elétrica proveniente da nuclear é bem reduzida, mais ou menos 3%, ou seja, muito abaixo da média mundial, hoje na faixa de 11%. Um outro aspecto a ser considerado é o esgotamento do potencial hídrico, que, juntamente com a mudança nos regimes de água no planeta, fragilizam e/ou limitam a geração elétrica de base, que só poderá ser substituída pela geração térmica. É aí que entra a geração núcleo-elétrica, com uma série de vantagens comparativas em relação à geração térmica oriunda de combustíveis fósseis, sendo um dos mais impor-

tantes a baixa emissão de CO<sub>2</sub>, fundamental para o combate ao efeito estufa, além do menor custo marginal de operação (CMO).

O Fator de Capacidade é outro importantíssimo elemento a ser considerado na geração nuclear, pois chega a alcançar até 90%, contra 40% na eólica e 23% na solar. A respeito desse ponto, é fundamental esclarecer que as energias eólica e solar não são antagônicas à nuclear, muito pelo contrário, são complementares a ela, visto que são chamadas de fontes de geração intermitente, enquanto a nuclear é energia de base. Esse *mix* é imprescindível para uma boa e eficiente gestão do sistema elétrico nacional.

A EPE (Empresa de Pesquisa Energética), no estudo do Plano Decenal de Expansão 2027 (PDE 2027), aponta a necessidade de complementação de potência de 13.200 MW até 2027 para atender à necessidade de aumento da demanda. O estudo não define quais serão as fontes, mas provavelmente essa energia advirá de fonte térmica. Infelizmente, neste horizonte, só poderemos contar com Angra 3 como fonte núcleo-elétrica. Deve-se ressaltar ainda que a energia núcleo-elétrica é uma energia limpa, de baixíssimo impacto ambiental por não produzir gases de efeito estufa em sua operação. Este é um aspecto importantíssimo quando consideramos a necessidade de ampliação da geração de energia no país ao mesmo tempo em que buscamos a redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como o atendimento das metas e objetivos sustentáveis estabelecidos na COP 21. A ampliação da fonte nuclear terá, ainda, como consequência direta, uma significativa diminuição dos custos dessa energia, proveniente da criação de uma economia de escala, que, com certeza, trará uma redução significativa no preço da energia núcleo-elétrica gerada.

Nesse sentido, a implantação de uma nova central nuclear, similar a Angra 3, poderá ser um forte indutor de desenvolvimento regional. Segundo um estudo da FGV, 80% do PIB total gerado pelo empreendimento em nível nacional ficaria na região sudeste, e a geração de emprego, também nessa mesma região, concentraria 60% do total gerado no país. Podemos inferir que processo semelhante possa ocorrer em outras regiões do Brasil.

É importante mencionar que o setor nuclear sempre utiliza tecnologia de ponta em seus processos, vide a complexidade da sua operação. Isso demanda aperfeiçoamento constante dos profissionais, pesquisas avançadas, universidades, centros de pesquisa, bem como estratégias de desenvolvimento social e econômico; ou seja, o setor nuclear não é um simples gerador de empregos, ele é um gerador de empregos altamente qualificados e indutor de planejamento de médio e longo prazo.

Outro importante aspecto a ser levado em conta para uma retomada consistente do Programa Nuclear Brasileiro é a necessidade da modernização do marco regulatório, passando pela flexibilização do monopólio e pela estrutura organizacional do setor, com destaque para a área de licenciamento, inclusive com a implementação de regras mais objetivas, alinhadas às melhores práticas internacionais. Mais especificamente, no que tange à questão do licenciamento ambiental, a sua revisão deve buscar critérios que venham a reduzir também o seu impacto no cronograma de construção de novos empreendimentos, sejam eles de geração ou mineração. Dado que precisamos de investimento privado nessa área, como contrapartida o Estado deve oferecer estabilidade jurídica, bem como previsibilidade aos investidores, a fim de que possam avaliar com razoável segurança os riscos do negócio em que estão aportando recursos.

Em relação ao sistema elétrico brasileiro, vale destacar que ele é formado por energia de base e energia complementar. No Brasil, nossa energia de base é hidráulica. Se a hidráulica, como já mencionado, já esgotou ou está em vias de esgotar o seu potencial, a opção mais indicada para ser adicionada ao parque de geração de energia de base é a energia nuclear, por ser intrinsecamente uma energia deste tipo, visto que, a princípio, não podemos considerar geração por meio de óleo e gás como de base. Nesse contexto, não tem muita lógica, a princípio, comparar o custo da geração hidráulica com a geração nuclear, já que a primeira chegou ao seu limite superior ou perto disso. Ter uma geração de base não é uma questão de escolha, mas uma necessidade de segurança do sistema. Não obstante essas observações, em condições equitativas, os custos nivelados da geração hidráulica está praticamente no mesmo nível da nuclear. Segundo o relatório da Agência Internacional da Energias Renováveis – IRENA, o custo nivelado da geração hidráulica está na faixa de US\$ 50/MWh, mesmo valor da geração nuclear conforme a Associação Nuclear Mundial - WNA.

O mesmo raciocínio podemos fazer quando pensamos em comparar a geração nuclear, que é de base, com a geração intermitente. Esse tipo de comparação seria válido, por exemplo, se a energia intermitente fosse a mais barata e pudéssemos ter toda a nossa energia proveniente de fontes deste tipo, abrindo mão da energia de base, o que não é razoável. Por isso, eu defendo que é fundamental o *mix* da energia nuclear com as fontes alternativas, de modo a manter um nível de segurança adequado do nosso sistema elétrico, com o menor custo possível. Feita essa consideração, vejamos os custos nivelados dessas energias, conforme os dados apresentados pela WNA:

eólica - US\$ 50/MWh; fotovoltaica - US\$ 100/MWh; gás - US\$ 60/MWh; carvão - US\$ 80/MWh; e nuclear - US\$ 50/MWh.

A exploração e a produção de compostos de urânio são um grande *business* no mundo, movimentando recursos da ordem de US\$ 4 bilhões por ano em urânio e US\$ 9 bilhões por ano em combustível. Uma pequena participação do Brasil nesse mercado já nos traria resultados bastante expressivos. Não podemos esquecer que, segundo as pesquisas geológicas oficiais já efetuadas, o Brasil possuiu uma reserva expressiva de Urânio, o que significa que temos um vasto potencial de crescimento nesse negócio, além de conferir tranquilidade e segurança para que o Brasil possa avançar num Programa Nuclear e venha a se tornar um *player* de maior peso no mercado internacional.

Vale observar, ainda, algumas previsões a respeito de um consistente aumento na demanda por urânio nos próximos anos, o que acarretará em uma expressiva redução nos estoques e, por consequência, a um provável aumento do preço deste minério. Entendo que hoje temos uma janela de oportunidade para a produção e comercialização de Urânio e seus componentes, que com certeza não durará para sempre. Devemos ter em mente que projetos de mineração são projetos de longo prazo e alto risco. Se quisermos ter essa matéria-prima em quantidades tais que nos tornem autossuficientes e exportadores de componentes de urânio em 10 anos, por exemplo, temos que acelerar bastante os nossos esforços de implementação de um novo marco legal para a área. Temos que rentabilizar os nossos ativos, a fim de proporcionar desenvolvimento econômico e social para o país.

## LEONAM DOS SANTOS GUIMARÃES

*Presidente da Eletronuclear*

Até 2050, o Brasil precisará praticamente dobrar a sua capacidade instalada para atender o crescimento da demanda e promover a democratização do consumo de energia. As hidrelétricas continuarão sendo predominantes, mas, nas próximas décadas, devem alcançar o limite de seu potencial. As renováveis terão papel significativo nessa expansão, devido à sua competitividade econômica, mas são complementares. Por isso, as termelétricas – biomassa, gás natural e nuclear – serão necessárias.

Quanto ao gás, é preciso fazer algumas considerações. Apesar de o custo de investimento de uma planta nuclear ser mais elevado do que de uma usina a gás, o preço do combustível nuclear é barato e está menos sujeito à volatilidade de preços e às variações cambiais. Sem contar que uma usina nuclear tem vida útil de 60 a 80 anos, enquanto uma planta a gás dura entre 15 e 20 anos. Além disso, as nucleares operam continuamente a quase 100%, o que já não acontece com as usinas a gás. Sem dúvida, o gás natural produzido no pré-sal terá um importante papel a desempenhar, levando-se em conta os volumes efetivamente disponíveis. No entanto, é preciso considerar os seus reais custos, pois há a necessidade de reinjeção e serão necessários investimentos significativos para garantir a sua logística de distribuição.

Adicionalmente, é importante promover a diversificação do sistema elétrico para que o Brasil não seja fortemente dependente de uma única fonte, no caso, as hidrelétricas. É isso que vem acontecendo nos últimos anos. Esse processo se intensificará nas próximas décadas, pois o potencial hídrico viável de aproveitamento do ponto de vista econômico e socioambiental do país paulatinamente se esgotará.

Nesse contexto, a energia nuclear tem vantagens importantes, pois produz energia na base do sistema, operando continuamente no máximo da capacidade e com importante papel na regulação de tensão e frequência da rede. Isso contribui sobremaneira para garantir a estabilidade do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Vale considerar que a escolha do sítio para a instalação de uma central nuclear obedece à legislação vigente e às normas estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Os estudos se baseiam em princípios estabelecidos pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI). O processo de escolha começa por excluir áreas pouco adequadas para receber usinas nucleares, como regiões com altos índices populacionais, com maior impacto ambiental e de significativo valor histórico, cultural e estético. Posteriormente, são analisados os critérios que tornam uma região atrativa para receber esse tipo de instalação, levando em conta questões relativas a saúde e segurança, meio ambiente, fatores socioeconômicos, engenharia e custos relativos.

A Eletronuclear já fez um levantamento em que foram definidas 40 áreas aptas em todo o país para receber usinas nucleares. Agora, a empresa está aguardando o lançamento do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para dar continuidade ao trabalho de prospecção. O documento vai determinar o planejamento energético brasileiro para as próximas décadas e dizer qual será a contribuição da energia nuclear. O PNE 2050 também indicará quais serão as regiões prioritárias do país para receberem novas usinas.

Quanto aos preços, em dezembro do ano passado, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)

reajustou o preço da energia gerada por Angra 1 e 2 para R\$ 247,47 por megawatt-hora (MWh), válido para 2019. Esse valor é competitivo com as demais térmicas operando na base de carga do sistema. As usinas termelétricas são necessárias para garantir a estabilidade do sistema elétrico, pois reduzem o risco hidrológico das hidrelétricas e compensam a intermitência das energias eólica e solar. O preço de referência da energia de Angra 3, de R\$ 480,00 por MWh, determinado pelo CNPE, é importante para tornar o empreendimento viável do ponto de vista econômico-financeiro e, portanto, atrativo para investidores, na medida em que a Eletronuclear pretende selecionar um parceiro para concluir as obras da usina. Vale frisar que se trata de um preço de referência, que pode ser reduzido dependendo da modelagem do processo de competitivo de seleção desse parceiro a ser adotado.

A medida não trará impacto para a conta do consumidor, visto que a energia gerada por Angra 3 substituirá a de térmicas mais caras que hoje são despachadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). É importante ressaltar que o preço não pode ser o único fator a ser levado em conta na hora de fazer o planejamento do setor. Cada fonte tem um papel específico a cumprir no sistema elétrico, que envolve não só o balanço energético como também o equilíbrio elétrico.

O Brasil conta com a sétima reserva de urânio do mundo, com apenas um terço do território prospectado. Trata-se de um potencial enorme que precisa ser explorado. Somos um dos poucos países que dominam a tecnologia de todas as etapas do ciclo do combustível e temos condições de atuar comercialmente em cada uma delas. A conclusão de Angra 3 permitirá que as Indústrias Nucleares do Brasil (INB) ganhem escala de produção e

se tornem uma companhia mais robusta, abrindo caminhos para a sua participação no mercado internacional do combustível nuclear.

A geração de Angra 3 será suficiente para atender 4,45 milhões de pessoas. Com a entrada da usina em operação, a energia gerada pela central nuclear de Angra será o equivalente a, aproximadamente, 68% do consumo do estado do Rio de Janeiro e 6% do consumo do país. Também é importante frisar que a conclusão de Angra 3 é fundamental porque traz escala à toda a cadeia produtiva do setor nuclear brasileiro, desde a produção de combustível à geração de energia. Isso se torna ainda mais importante quando levamos em conta que o Brasil – que é um país em desenvolvimento e que tem consumo per capita de eletricidade inferior à média mundial – não pode prescindir de nenhuma fonte de energia para sustentar a sua prosperidade no futuro.

---

### LUIS MAURÍCIO AZEVEDO

*Presidente da Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa Mineral (ABPM)*

Entendemos a energia nuclear como uma fonte limpa, que demanda uma pequena área de geração, preservando grandes extensões para agricultura e outras atividades, e nos deixa independentes de clima, além de gerar pouco resíduo se comparado às térmicas.

Adicionalmente, a energia nuclear possui outras vantagens, como mobilidade e barateamento da energia se comparado ao modelo hídrico, que

demandam grandes extensões e leva muito tempo para construir e encher, ou térmico, no qual ficamos presos e dependente de fontes de matéria prima. A descoberta de novos depósitos de urânio e o desenvolvimento dos atuais podem acontecer em um ciclo de 5 anos. O Brasil pode rapidamente apoiar um eventual crescimento econômico no modelo nuclear, o que é impossível com o modelo atual. Em uma hidrelétrica ficamos dependentes da engenharia básica, licenciamento, desafetação, construção e enchimento, o que leva, em média, 20 anos, no país.

O relatório “Mudanças Climáticas e Energia Nuclear 2016”<sup>1</sup> da Agência de Energia Atômica Internacional, afirma que o preço médio da energia produzida por novas usinas nucleares varia entre US\$ 40 e US\$ 100 por MWh. Já o custo para a energia eólica *onshore* fica entre US\$ 40 e US\$ 180 por MWh; enquanto que para a energia eólica *offshore*, o valor fica na faixa entre US\$ 130 e US\$ 270 por MWh. As fontes solar e hidrelétrica têm custos, respectivamente, entre US\$ 100 e US\$ 350 por MWh, e de US\$ 25 a US\$ 250 por MWh. A energia térmica, na faixa de US\$ 50 por MWh, sem dúvida é mais barata, mas é a mais suja e importamos 100%.

Em relação a extração do urânio, como qualquer pesquisa mineral ela vai descobrir não só urânio, mas outros depósitos minerais. Isto é um ganho adicional, mas o mercado de urânio hoje cresce exponencialmente. Temos três usinas, somos a quinta reserva mundial e hoje importamos 100% do nosso consumo, mesmo com todo este potencial. Temos Santa Quitéria<sup>2</sup>, uma jazida de fosfato e urânio presa por licença ambiental em um país que é o maior importador de fertilizantes do mundo, e

---

<sup>1</sup> <https://www.iaea.org/publications/11090/climate-change-and-nuclear-power-2016>

<sup>2</sup> <http://www.consorciosantaquiteria.com.br/projeto.php>

importa todo o urânio consumido. Isto sangra as nossas divisas e nos isola em um passado onde o Brasil criou o monopólio, pois o urânio era associado à corrida armamentista e à Guerra Fria. O mundo mudou, Argentina e Austrália produzem urânio, geram empregos, divisas e exportam 100% deste produto. Nós construímos usinas, temos demanda de urânio e importamos, um absurdo.

## LUIZ BARROSO

*Diretor-Presidente da PSR Consultoria*

O Brasil tem muitas alternativas de expansão e não pode prescindir de nenhuma delas, incluindo a nuclear. Dependendo da competitividade econômica da nuclear em relação às outras fontes, ela pode ser um bom negócio para o Brasil. O Governo pode também decidir estimular a indústria nuclear por objetivos que vão além do setor elétrico, o que é inteiramente legítimo. O ponto principal neste caso é a alocação dos custos destas decisões entre consumidor e contribuinte, considerando o cenário de tarifas já bastante elevadas para o consumidor final.

No que diz respeito às necessidades do setor elétrico, se olharmos o horizonte do próprio Plano nacional de Energia 2050 (PNE 2050), o Brasil precisará praticamente dobrar a sua capacidade instalada para atender o crescimento da demanda até lá. As renováveis terão papel significativo e irreversível nesta expansão, por sua competitividade econômica. No entanto, a integração das renováveis requer outra fonte capaz de trazer a flexibilidade operativa, ou “despachabilidade”. Em meus tempos de EPE, na construção do PNE, sempre brinquei que meu pedido para Papai Noel era que esta fonte fosse a hidroelétrica, se possível com reservatório, mas também dizia que

Papai Noel já havia adiantado que essa batalha não seria fácil. E que nem toda hidrelétrica é boa, bonita e barata, por razões socioambientais e econômicas. Nesse caso, temos que ir para a geração térmica, onde a briga ficaria entre a biomassa, as térmicas a gás e a nuclear. Ou seja, no quesito econômico, a competição da nuclear fica sobretudo com o gás natural e diretamente ligada à disponibilidade e ao valor do gás do pré-sal, em última instância. O preço deste gás pode ser mais ou menos barato, dependendo das necessidades de reinjeção. Além disso, dependendo do valor dos atributos de cada fonte, como despachabilidade, emissões, custo de investimento, custos de transmissão e outros, a nuclear pode até ser competitiva, mas é necessário um critério objetivo para esta análise.

A nuclear pertence à classe das fontes de custo fixo elevado e variável muito baixo, sendo por isso acionada por mérito econômico - faça chuva ou faça sol - e assim conhecida como uma fonte de base. Embora com diferentes valores de custos fixos e variáveis, o carvão e o gás, por exemplo, também são fontes com esse perfil. Embora a tecnologia tenha avançado, o acionamento lento e a baixa capacidade de variação de algumas destas fontes, como o carvão e a nuclear, fazem com que as mesmas tenham pouca flexibilidade operativa, isto é, uma vez ligadas, é preciso deixar ligada. Com a penetração das renováveis, os operadores de sistema no mundo têm buscado fontes com maior flexibilidade, ou seja, com a capacidade de ter a sua produção aumentada ou reduzida para compensar a variabilidade de produção das renováveis.

Entretanto, no Brasil, o atributo de gerar na base permite liberar a produção das fontes com maior flexibilidade - a hidroelétrica - justamente para modular a produção na ponta ou cobrir a variabilidade de produção das renováveis, o que é uma combinação interes-

sante. Existe uma composição ótima de fontes na base e flexíveis no sistema, mas é evidente que se a expansão fosse feita apenas com fontes de base, poderíamos ter, no futuro, vertimento de produção hidroelétrica ou mesmo renovável, o que não é desejável.

Por fim, a nuclear é fonte de geração limpa e também poderia estar localizada mais perto do centro de carga, economizando custos de transmissão. Todos estes atributos são quantificáveis e podem formar um indicador objetivo dos benefícios de cada fonte para o setor elétrico. É importante lembrar que o valor destes atributos muda ao longo do tempo, de acordo com a característica da matriz, por isso não se pode projetar o futuro com base apenas no ocorrido no passado.

Existe, ainda, toda uma classe de outros potenciais benefícios, como geração de emprego, domínio tecnológico, exploração de urânio, entre outros, que são legítimos, mas cujos custos não pertencem ao setor elétrico. Este ponto é importante, pois muitas vezes a discussão sobre uma fonte se torna emocional. A verdade é que o consumidor no Brasil tem hoje uma das tarifas mais elevadas no mundo, e repassar ao setor elétrico custos que não são próprios apenas reduz a competitividade econômica do país.

Nesse sentido, existem algumas observações importantes no caso de Angra 3. Inicialmente, é preciso comunicar bem que a sua tarifa publicada é um teto, que ficou elevada pelo custo da dívida ser valorado à TLP, e buscar competição para reduzi-la. Em seguida, é importante alocar corretamente os seus custos. Para esse fim, existem soluções já concebidas

na gestão do ex-ministro Fernando Coelho Filho, e discutidas entre MME, Fazenda e Planejamento, a respeito da utilização de uma parte da renda hidráulica de Itaipu na renovação do seu contrato em 2023 para compensar externalidades associadas a Angra 3, evitando, assim, onerar o consumidor. Essa proposta, no entanto, envolveria uma disputa por este recurso com o Ministério da Economia e existem detalhes a serem analisados.

Em resumo, a discussão sobre novas nucleares depende bastante de qual será o custo de investimento das mesmas, sendo Angra 3 um caso específico. Em minha experiência, em nível mundial, atualmente existem fontes mais baratas do que a nuclear, mesmo quando alocados a estas fontes todos os custos que elas possam vir a adicionar ao sistema, como intermitência de produção no caso das renováveis.

Como mostrado em um estudo recente do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT, 2018)<sup>3</sup> sobre o futuro da energia nuclear, muitos países têm justificado a introdução da nuclear, mesmo de forma não econômica, por meio de subsídios explícitos do governo, como resposta às necessidades de descarbonização de suas matrizes elétricas, como é o caso dos Estados Unidos e da China. O caso do Brasil é diferente, pois a nossa matriz elétrica é uma das mais limpas do mundo. O lado positivo dessas iniciativas mundiais é que elas têm criado um forte estímulo à pesquisa e inovação nesta área - como o *Nuclear Innovation: Clean Energy Future* (NICE Future)<sup>4</sup>, cujo resultado pode ser uma maior competitividade econômica para a nuclear, garantindo que o seu lugar na matriz no longo prazo seja mais facilmente alcançado.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://news.mit.edu/2018/mitei-releases-report-future-nuclear-energy-0904>

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/nuclear-innovation-clean-energy-future-nice-future>



O Brasil é dos pouquíssimos países que tem tecnologia própria de enriquecimento de urânio, além de uma das maiores reservas de urânio do mundo. Um potencial cliente para o nosso combustível é a China, que está construindo muitas usinas nucleares e, mais recentemente, a Índia. Um aspecto importante desta qualificação como exportador é o Brasil sempre ter cumprido rigorosamente o acordo de não proliferação nuclear.

Embora o mercado de combustível nuclear nos últimos anos tenha estado parado por causa de Fukushima e do surgimento das renováveis como geração não emissora, um artigo recente da revista *The Economist*<sup>5</sup> discute o aquecimento do mercado de combustível nuclear. A exportação de combustível nuclear pode criar uma alternativa à construção de nucleares aqui, com o objetivo de utilizar o enriquecimento para vender urânio ao mercado externo. Existe, então, um exercício interessante a ser feito que é calcular a rentabilidade deste processo de forma isolada, para ver se tem viabilidade. Outra discussão é, depois de verificar que é rentável, quem paga pelos investimentos associados a esse processo, entre consumidor e contribuinte.

Por fim, apenas como ilustração sobre a importância deste debate, o governo publicou um ótimo Decreto (9.642/2018), por iniciativa do MME, para reduzir subsídios nas contas de luz. A partir de janeiro de 2019, serão reduzidos em 20% ao ano, até a sua extinção. Ao longo de 5 anos, a economia para o consumidor será de cerca de R\$ 15 bilhões. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2018)<sup>6</sup>, o investimento direto adicional para

completar a obra é de R\$ 15,5 bilhões. Se alocado na tarifa de energia, anula o benefício aos consumidores do ótimo decreto.

Note que não há obstáculo para a introdução de uma fonte mais cara do que outras no Brasil. É apenas importante explicitar para a sociedade, de forma objetiva, as razões, os custos envolvidos e quem paga, para que haja transparência e clareza nos objetivos e escolhas do país.

---

## MARCELO PRAIS

*Assistente da Diretoria de TI, Relacionamento com Agentes e Assuntos Regulatórios do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)*

É importante destacar que o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) não participa de formulações de políticas públicas, nem das decisões de expansão do sistema. Assim, pode-se afirmar que o ONS recebe uma matriz elétrica e lhe é incumbida a missão de operá-la com mínimo custo e máxima segurança.

Para o Operador, todas as fontes são importantes e suas características não podem ser entendidas como prós e contras, e sim, como peculiaridades que devem ser compensadas. Quanto mais diversificada for a matriz, acolhendo todas as fontes e suas peculiaridades, melhores serão as condições de suprimento em termos de qualidade e continuidade. Da mesma forma que o ONS entende que a expansão não pode ser feita apenas com usinas

---

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2018/12/08/buying-nuclear-fuel-is-back-in-fashion>

<sup>6</sup> Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/cnpe-autoriza-acoes-para-viabilizar-angra-3](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/cnpe-autoriza-acoes-para-viabilizar-angra-3)

a fio d'água - e por isso defende a retomada da construção de hidrelétricas com reservatórios, não necessariamente com grandes reservatórios, como no passado, mas com reservatórios de médio e pequeno porte -, o Operador pensa que não se pode excluir, *a priori*, a fonte nuclear.

A energia nuclear, do ponto de vista da operação, é bastante interessante, por ser capaz de fornecer energia com níveis altíssimos de qualidade e continuidade. Além disso, tem alto fator de capacidade, a sua produção é praticamente constante, a taxa de indisponibilidade é muito baixa, os ciclos de troca de combustíveis são muito bem programados e as paradas forçadas são mínimas. Do ponto de vista de energia firme, a fonte nuclear é muito atrativa. Uma usina nuclear representa praticamente um abatimento da carga, devido à sua geração constante e na base. Além disso, a fonte nuclear não emite CO<sub>2</sub> e possui certa flexibilidade quanto à seleção do local de sua instalação. Especificamente no caso de Angra I e II, a localização é favorável, pois estão no centro de carga da região Sudeste. Se fosse perguntado ao ONS se ele gostaria de 1.300 MW adicionais amanhã no Sudeste com o fator de capacidade de uma nuclear, a resposta seria sim.

Além das usinas nucleares convencionais, os pequenos reatores modulares (SMRs) também precisam ser discutidos em âmbito nacional. Os SMRs são reatores compactos que possuem características bem diferentes das térmicas nucleares convencionais. Como exemplo, pode-se citar a capacidade para atendimento de segmento de carga, o preço relativamente mais baixo quando comparado às nucleares convencionais e a facilidade do ponto de vista de engenharia. Pelo fato de serem compactos e modulares, o ONS entende que estes podem ser bastante interessantes, não só para a expansão

como também para a operação em determinadas regiões e localidades com condições de suprimento específicas. Dessa forma, além das térmicas nucleares convencionais, a inserção desses reatores, que agregam alguns atributos que as convencionais não agregam, merece ser estudada com mais atenção. Esses módulos já vêm sendo empregados em alguns países. Contudo, é importante salientar que eles não excluem as térmicas convencionais. Esses módulos, na verdade, surgem como mais uma possibilidade para compor o portfólio de soluções para lidar com os desafios da matriz. É preciso estudar soluções onde talvez essa categoria seja mais competitiva.

Depois do acidente de Fukushima, houve uma tendência em afirmar que investir em energia nuclear representava um retrocesso. Contudo, na prática, diversos países continuam investigando e investindo em tecnologias nucleares mais seguras. Abrir mão de um recurso que o país dispõe pode não ser a decisão mais prudente a ser tomada. O Brasil possui umas das maiores reservas provadas de urânio do mundo e é também um dos grandes produtores. Não é razoável desconsiderar esse recurso natural disponível no Brasil, assim como não é razoável desconsiderar o vento, a insolação e a água.

Do ponto de vista econômico, deve ser feita uma análise criteriosa do custo-benefício para avaliar se a fonte é competitiva ou não. Se sim, obviamente, esta deve fazer parte da solução da expansão. Um boletim da Agência Internacional de Energia Atômica, em 2016, indica, por exemplo, que as novas nucleares podem ter preços variando entre 40 e 100 dólares por MWh. Ao se observar esses valores e paradigmas mundiais, é possível que a fonte nuclear seja competitiva. Todavia, uma pergunta que precisa ser respondida é se haverá

espaço para a nuclear, do ponto de vista econômico, uma vez que o preço das renováveis está caindo constantemente.

Tendo em vista os aspectos que devem ser considerados ao se implantar uma usina nuclear, a localização geográfica e geolétrica é crucial, ou seja, é importante que se estude qual é o melhor local em termos da rede de distribuição. Outro ponto diz respeito à estrutura de financiamento para que erros do passado não se repitam. É muito importante também que se investigue as melhores opções tecnológicas. Aspectos relacionados a um licenciamento ambiental adequado, justo e real e, obviamente a destinação dos resíduos radioativos, o que se acredita ser uma questão parcialmente resolvida, fecham o conjunto de pontos que devem ser observados minuciosamente.

Em suma, para o Operador, todas as fontes são importantes e agregam valor para o sistema. Quanto mais diversificada for a matriz, melhores serão as condições para o atendimento da carga. Tendo em vista as características operativas das usinas nucleares, não restam dúvidas de que estas agregam valor ao sistema. Alguns aspectos ambientais, de localização e financiamento precisam ser considerados no momento de sua implantação. Além das térmicas nucleares convencionais, uma possibilidade que merece ser debatida diz respeito aos SMRs, que possuem vantagens interessantíssimas quando comparadas com as tradicionais. Por fim, é de conhecimento comum que a equação que resultou no preço da energia de Angra 3 gera descontentamento. Dessa forma, é importante dissociar a polêmica de Angra 3, que na verdade engloba um conjunto de aspectos que ultrapassam a tecnologia propriamente dita, da tecnologia nuclear de uma forma geral.

## MAURÍCIO T. TOLMASQUIM

*Professor do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE-UFRJ)*

Existem vantagens e desvantagens na expansão do uso da energia nuclear no Brasil. Dentre as vantagens podemos destacar: a inexistência de emissões de gases causadores do efeito estufa, as grandes reservas de urânio nacionais e o domínio da tecnologia de seu enriquecimento. Além disto, a tecnologia nuclear tem diversas outras aplicações, a exemplo da medicina, agricultura, indústria, arqueologia e propulsão naval. Esta última aplicação, tem caráter estratégico em função da grande dimensão da costa brasileira.

Contudo, existem também desvantagens, tais como o risco de acidentes nucleares (que apesar de terem baixa probabilidade, podem ter impactos devastadores) e a falta de um depósito geológico para o armazenamento do lixo radioativo a longo prazo. Além disto, até o momento esta fonte energética não se mostrou competitiva frente às demais, mesmo quando comparada apenas com opções de geração firme, como as usinas a gás natural. Os elevados custos da energia nuclear e os longos prazos de construção das usinas no Brasil fazem com que a experiência da geração nuclear não seja considerada como positiva.

Portanto, o grande desafio que se coloca para uma eventual expansão nuclear no país é simultaneamente reduzir drasticamente os seus custos e garantir a segurança de operação. Qualquer plano de retomada da geração nuclear no país deve passar por uma mudança regulatória e institucional que garanta que estes dois objetivos aparentemente contraditórios sejam assegurados. De forma resumida, podemos dizer que cinco aspec-

tos centrais devem ser incluídos no planejamento e construção de novas usinas nucleares: i) reforço dos aspectos relativos a segurança; ii) melhoria dos planos de emergência; iii) criação de um depósito geológico para armazenamento do lixo radioativo; iv) implantação de um modelo regulatório e de gestão que garanta o aumento da competitividade da fonte nuclear; v) criação de uma agência reguladora independente.

---

## NIVALDE DE CASTRO

*Professor do Instituto de Economia (UFRJ) e Coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL)*

Para retomar as perspectivas de crescimento econômico, o país precisa de expansão da oferta de energia que seja estável e barata. Sem dúvida, as energias renováveis garantem ao Brasil papel de destaque internacional e este potencial será estendido por muitos anos em função do crescimento eólico e solar do país.

Por outro lado, a predominância de fontes renováveis gera um desafio ao setor elétrico brasileiro que está sujeito à sazonalidade e intermitências destas fontes. O sistema elétrico exigirá operação rápida e ao mesmo tempo flexível, além de usinas com geração firme e contínua, de modo a garantir suprimento seguro de energia elétrica.

Nesse sentido, a melhor opção no curto prazo são as térmicas de ciclo combinado a gás natural, por conta de seus custos mais baixos, além de aproveitar a grande oferta advinda do pré-sal.

O novo governo federal sinalizou a retomada do Programa Nuclear brasileiro, com o anúncio da continuidade da construção da usina termonuclear de Angra 3, que proporciona possibilidades de desenvolvimento tecnológico dado que o Brasil possui a sexta maior reserva de urânio do mundo, tem domínio próprio de tecnologia de enriquecimento e possui um setor elétrico com demanda crescente.

Com relação aos benefícios sistêmicos de uma ampliação da fonte nuclear para o sistema elétrico nacional, o Brasil segue a matriz elétrica internacional, em que 11% da oferta global de energia elétrica advém de usinas nucleares. Essa participação deverá manter-se nas próximas décadas, já que estão em construção e planejamento mais plantas nucleares atualmente do que nos últimos 50 anos. A energia nuclear poderá oferecer energia firme, com segurança de suprimento (por operar de forma constante durante 11 meses por ano), sustentabilidade (por não emitir CO<sub>2</sub>), e estímulo ao desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro.

Entre os pontos a serem considerados no momento da implantação de novas usinas nucleares no Brasil está a avaliação de novas rotas tecnológicas, sendo uma opção interessante acompanhar a tendência mundial de construção de reatores de pequeno e médio porte (100 a 300 MW). O Brasil pode se posicionar na evolução tecnológica desses reatores nucleares, com custos de construção, transporte, manutenção e posterior desmontagem proporcionalmente muito menores que os reatores tradicionais de grande escala (1000 a 1500 MW). No que diz respeito a segurança e risco, esta tecnologia é bem mais confiável dado o seu pequeno dimensionamento, otimizando inclusive o processo de tratamento dos resíduos.

A energia nuclear representa pouco mais de 3% da geração elétrica do país. Para, de fato, alavancar esta fonte como ocorre no mundo e disseminar as novas tecnologias para reatores nucleares de pequeno porte, deve-se abrir a possibilidade de parceria com a iniciativa privada. Assim, será possível a viabilidade do projeto, abrir licitação internacional para finalizar as obras, utilizando os princípios do *Project Finance* aos investidores, fornecendo como garantia o fluxo de caixa da venda de energia produzida em Angra 3.

---

## PAULO FERNANDO FERREIRA FRUTUOSO E MELO

*Coordenador do Programa de Engenharia Nuclear (PEN/COPPE-UFRJ)*

A energia nuclear tem um papel estratégico no fornecimento de energia elétrica confiável e de base na matriz energética de qualquer nação, não sendo diferente para o Brasil. Além disso, não podemos esquecer as importantíssimas aplicações em diversos campos, como medicina e agricultura. No momento, é muito importante também o desenvolvimento tecnológico relacionado ao projeto do submarino de propulsão nuclear brasileiro, tecnologia totalmente desenvolvida no país. Cabe lembrar a importância desse meio de dissuasão na estratégia nacional de defesa em relação à Amazônia Azul. Outro ponto importante, neste contexto, é a formação de recursos humanos de alto nível para atender a essa demanda.

Atualmente, o Brasil produz energia elétrica majoritariamente por hidroelétricas, cerca de 64% da capacidade instalada. Isso demonstra claramente um problema, visto que toda a carga do sistema

depende basicamente do fornecimento de uma única fonte. Na tentativa de mudar esse cenário, subsídios estão sendo ofertados para as fontes renováveis eólica e solar. Com isso, enfrentamos outro desafio: a intermitência dessas formas de geração. É nesse ponto que a energia nuclear sai na frente, produzindo energia limpa, confiável e de base, garantindo a estabilidade do sistema.

Logo, o principal aspecto a ser considerado é o financeiro. A Eletrobrás Termonuclear (Eletronuclear) tem o conhecimento de onde podem ser implantadas as novas usinas, baseada em estudos estratégicos. Todavia, devido à falta de recursos, acreditamos ser necessária a parceria com empresas estrangeiras para que o tempo e o custo de produção sejam otimizados. Outra saída interessante seria o investimento em reatores modulares (SMR, na sigla em inglês) que são mais seguros, mais baratos e possuem tempo de construção bem mais curto.

Com relação à competitividade no preço de venda dessa energia, essa é uma questão muito interessante e que muitos analisam de forma superficial. Não há como comparar o preço da fonte nuclear com uma fonte eólica ou solar, por exemplo. Além dos incentivos fiscais que estas fontes recebem, elas possuem características diferentes, portanto exercem funções diferentes na matriz energética. Compará-las não faz sentido algum. Agora, quando comparamos a nuclear com uma termoelétrica a gás natural, por exemplo, seríamos capazes de realizar uma análise mais profunda. Por mais que a nuclear possa ser razoavelmente mais cara em alguns casos, deve-se levar em consideração o fato de que a usina térmica a gás natural emite grandes quantidades de carbono na atmosfera, poluindo o ar e podendo causar futuros problemas de saúde na população. Será que a economia de uma usina

térmica a gás, ao invés de uma usina nuclear, compensará os gastos de saúde pública que haverá no futuro? Esse é um questionamento que deve ser levado em conta.

O Brasil é um dos poucos países no mundo que domina todo o ciclo do combustível nuclear, desde a mineração até a fabricação dos combustíveis nucleares que abastecem as usinas. Além disso, possuímos uma das maiores reservas de urânio. A exploração de urânio traz benefícios não só na área energética, mas também tem aplicações em outras áreas da ciência nuclear, como a medicina, por exemplo. No ano passado, tivemos o lançamento da pedra fundamental do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), em Iperó - SP. Num futuro não tão distante, será necessário abastecer esse reator com o combustível nuclear de urânio enriquecido para a produção de radioisótopos, que atualmente são importados. A mina de Caetité, na Bahia, ainda não está autorizada a retomar as atividades e o Brasil vem sentindo na pele o que é depender da importação para fabricar os combustíveis. Explorar urânio, tanto em Caetité, quanto em Santa Quitéria, trará para a nação a autossuficiência no fornecimento de pó de urânio concentrado para o enriquecimento e, posteriormente, fabricação dos combustíveis, fazendo com que não sejamos mais sujeitos à importação desse insumo tão valioso.

---

## RENATO M. COTTA

*Assessor da Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM/ Marinha do Brasil) e Professor Titular da UFRJ*

O desenvolvimento da energia nuclear no Brasil sofreu muitas oscilações ao longo dos anos, desde o início da década de 80, com interrupções e desmo-

bilizações em consequência de crises econômicas e diferentes visões dos governos. Não obstante, associando esforços do Programa Nuclear da Marinha (PNM), do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e de seus colaboradores (Institutos de Pesquisa e Universidades), conseguimos desenvolver tecnologia própria para enriquecimento de urânio e projetos de reatores nucleares para propulsão naval, bem como acumular experiência no licenciamento (CNEN) e operação (Eletronuclear) de reatores de potência. Todo esse conhecimento, que exigiu investimentos significativos em recursos humanos, equipamentos, materiais, e, principalmente, tempo, encontra-se subutilizado com o tímido uso da energia nuclear em nosso país.

Vivemos um momento de transformação na indústria nuclear mundial, com o desenvolvimento simultâneo em diferentes países de diversos projetos de pequenos reatores modulares. Essa nova concepção de reatores de potência introduz a possibilidade de se fazer "clusters" que começam a produzir a partir da primeira unidade pronta, com significativa redução de investimentos e tempo para implantação. Com a experiência obtida no projeto do LABGENE, protótipo em terra do reator de propulsão para o nosso primeiro submarino nuclear, o Brasil tem agora um ponto de partida e a opção de transferir esse conhecimento para a sociedade civil em sentido mais amplo, inaugurando um ciclo de desenvolvimento de pequenos reatores modulares.

Portanto, não se trata simplesmente de avaliar o impacto econômico-financeiro da energia nuclear sob o ponto de vista de um mero comprador e usuário desta alternativa de geração de eletricidade, em um mercado reaquecido no cenário internacional. Temos defendido a revisão da política nuclear brasileira, recém-iniciada, para redesenhar e reforçar a

presença do Brasil como protagonista no desenvolvimento tecnológico da energia nuclear no mundo. Com uma política de Estado estruturada, estável e prioritária, o Brasil passaria a ser um ator relevante no setor, não só desenvolvendo pequenos reatores modulares, como também produzindo integralmente nosso próprio combustível enriquecido, o que já dominamos plenamente. As possibilidades de parceria industrial e comercialização conjunta devem ser exploradas, sempre dentro do paradigma de domínio tecnológico no país, algo que perseguimos até aqui.

A experiência de operação das usinas Angra 1 e 2 já comprovou a importância da energia nuclear na geração de base em nosso sistema elétrico, e há estudos realizados pela Eletronuclear a respeito da construção de usinas de porte similar em outras regiões do país, com a relativa flexibilidade de localização dos empreendimentos, e benefícios igualmente interessantes. Discute-se, também, o emprego de pequenos reatores modulares como fontes despacháveis em patamares e rampas suaves, em particular quando se avalia a meta de “carbono zero” na geração de eletricidade, combinadas a fontes intermitentes, como introduzido pela empresa NuScale, de SMRs, associando-se à geração eólica. Além disso, diversas opções de cogeração com SMRs têm sido estudadas, e mesmo oferecidas comercialmente, como dessalinização, aquecimento distrital, produção de hidrogênio e refrigeração, tornando essa opção tecnológica mais rentável e estratégica para solução de especificidades regionais. Essa modularidade permite o atendimento de uma gama de necessidades e patamares de operação, a partir de um único projeto de reator e seu respectivo licenciamento.

Devem ser analisadas duas ações de curto prazo, que são de certa forma complementares. No caso da implantação de novas centrais, deve-se buscar

parcerias que incluam transferência de tecnologia, aos moldes do que foi realizado no programa de submarinos da Marinha, o PROSUB. Também no curto prazo, deve ser priorizado um programa de desenvolvimento de pequenos reatores modulares PWR de geração III, a partir do LABGENE e sob os novos preceitos de segurança pós-Fukushima, que permitirá queimar etapas no desenvolvimento e realizar testes e experimentos em tempos e custos menores. Como precursor dessa iniciativa, a CNEN, em conjunto com a AMAZUL e a UFRJ, propôs em 2016 o desenvolvimento de um SMR com cogeração de água dessalinizada (projeto DESSAL), baseado em um modelo do LABGENE de 75MW. Da mesma forma, as pesquisas em SMRs de quarta geração devem ser estimuladas, visando o seu desenvolvimento em médio prazo, em sintonia com os desenvolvimentos em curso no mundo.

Deve-se, também, traçar desde já um programa urgente de formação de recursos humanos, como tivemos no início dos anos 80, para a preparação de novas gerações de técnicos em um cenário de retomada do programa nuclear brasileiro. As aposentadorias incentivadas e as migrações de setor corroeram o quadro de técnicos da área nuclear, com reposição reduzida, tendo em vista a desaceleração do programa.

É bem sabido no mercado que o custo de implantação de uma usina nuclear é elevado, em particular em casos extremos, como no Brasil, em que o projeto incluiu atrasos consideráveis, pagamentos de juros e rolagem de dívidas por muitos anos. Entretanto, os novos atores internacionais do setor, focados no projeto de SMRs, têm reduzido custos e prazos de construção consideravelmente, chegando-se a concluir instalações de grande porte em até três anos. Por outro lado, o baixo custo do combustível

nuclear é, em geral, bastante atrativo, ainda mais em um cenário de produção autóctone que se pode antever para o Brasil, tendo em vista as grandes reservas de urânio de que dispomos e o domínio tecnológico do processo de enriquecimento.

O desenvolvimento tecnológico do processo de enriquecimento de urânio, liderado pela Marinha junto ao CTMSP e com apoio de Universidades e Institutos de Pesquisa, em particular ao longo dos anos 80 e 90, ofereceu uma grande oportunidade de agregação de valor à exploração de urânio ao nosso país, novamente timidamente empregada. No contexto do Programa Nuclear da Marinha, foram implantadas no CTMSP as instalações industriais para todas as etapas necessárias à garantia do fornecimento de combustível para o nosso submarino com propulsão nuclear. Entretanto, no setor civil, as obras de expansão da usina de enriquecimento da INB sofreram sucessivos atrasos, e permitem hoje apenas o atendimento parcial do fornecimento de combustível à usina de Angra 1. Com investimentos regulares na expansão das instalações industriais e contínuo aprimoramento tecnológico do processo de enriquecimento, novamente fruto de uma política de Estado bem estruturada, poderíamos chegar não somente à autossuficiência em urânio enriquecido, como ter escala suficiente para internalizar a etapa de produção de hexafluoreto de urânio e, ainda, nos tornarmos um dentre poucos fornecedores internacionais de combustível nuclear, com altíssimo valor agregado. As parcerias também podem ser, outra vez, muito oportunas, desde que não nos levem a um quadro futuro de dependência tecnológica.

O pioneirismo do Almirante Álvaro Alberto, passando pela criação do CNPq, da CNEN e dos primeiros institutos de pesquisa e cursos de pós-graduação da área nuclear, nos conferiu um "DNA Nuclear"

que levou o Brasil a um reconhecimento internacional em diferentes fóruns, incluindo a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). São mais de sessenta anos de contribuições científicas e desenvolvimentos tecnológicos que colocaram a energia nuclear no cotidiano da nossa sociedade e o Brasil no cenário científico e tecnológico mundial da área. Essa perseverança nos permite hoje afirmar que a energia nuclear para o Brasil não é uma aposta, mas tão somente uma opção concreta.

---

## ROBERTO SCHAEFFER

*Professor do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE-UFRJ) e Representante do Brasil no International Panel of Climate Change (IPCC)*

Do ponto de vista técnico, eu diria que a energia nuclear não é um bom negócio para o Brasil, dada a matriz elétrica brasileira, que é muito particular, e dada a participação crescente das renováveis, com destaque para a energia eólica. É muito difícil você coordenar uma fonte variável como a eólica com uma fonte totalmente inflexível, como é o caso da nuclear. O aumento da energia nuclear no Brasil significaria que uma parte razoável da energia elétrica gerada a partir de fontes variáveis como a eólica, por exemplo, teria que ser vertida porque o sistema não teria flexibilidade suficiente para reduzir a geração nuclear quando a geração de fontes variáveis aumentasse. Tal fato acontece no Reino Unido, onde há uma presença muito forte de nucleares. Isso faz com que uma grande parte da sua geração eólica seja desperdiçada. Quando os ventos aumentam, não se pode gerar mais eletricidade porque a energia nuclear está operando na base, não havendo como reduzir a sua participação.



Então, essa decisão encareceria muito ou desperdiçaria muito recursos variáveis, que no caso do Brasil estão se tornando cada vez mais importantes.

O caso brasileiro é curioso porque a matriz é tão renovável e crescentemente variável, que fontes inflexíveis não casam bem com o caso brasileiro. Diz-se que não se pode ter um país tão dependente de fontes variáveis porque não se tem o controle de recursos como o vento e luz solar. Contudo, isso se aplica a países menores, não ao Brasil, pois este tem um sistema interligado (SIN) como nenhum outro lugar no mundo, além de condições climáticas também muito particulares. O sistema de transmissão no Brasil tem, em certo sentido, esse papel de garantir a oferta de energia elétrica do país. É como se o sistema de transmissão brasileiro fizesse parte da geração de energia. Em outros países esse papel tem que ser cumprido por fontes que operem na base, gerando o tempo todo. Dado o tamanho do SIN, é possível coordenar para que se tenha energia eólica de uma maneira bastante confiável, por exemplo. Isso tem sido demonstrado por um altíssimo fator de capacidade da energia eólica no Brasil, talvez único no mundo.

Em países ou regiões onde não existe um sistema de transmissão sofisticado ou desenvolvido como o brasileiro, é preciso garantir que, localmente, não haja interrupção no sistema de geração elétrica. Nos sistemas como o americano por exemplo, que depende muito da geração local, se faz necessário garantir que haja outras fontes de backup. Sistemas como o americano e, em certo sentido, o europeu, precisam garantir localmente a autossuficiência elétrica ou energética. Esse não é o caso do Brasil, justamente pela complexidade do sistema elétrico brasileiro, ou seja, pelo sistema de transmissão e pela diversidade hidrológica e climática em geral.

Por isso, poucos países do mundo podem depender das hidrelétricas, como o Brasil dependeu até hoje. A complementariedade dos regimes hídricos brasileiros, através do sistema de transmissão que permite gerar mais em uma região em uma época do ano e mais em outra em outra época, faz com que o consumidor não saiba de onde está vindo a energia elétrica que ele consome naquele momento.

Sendo assim, do ponto de vista elétrico ou técnico, a desvantagem da nuclear está justamente na sua inflexibilidade. No geral, ser inflexível não é um problema, porém para o Brasil essa questão irá se traduzir em um problema de custo porque, na verdade, o sistema elétrico acaba ficando superdimensionado, uma vez que o sistema se torna inflexível e, com isso, quando começar a ventar mais, por exemplo, você vai estar descartando a energia eólica que poderia ser usada. Como a nuclear não pode diminuir a sua geração, o SIN não teria como absorver o excesso de energia gerada pelas fontes flexíveis, por exemplo. Portanto, a desvantagem é claramente econômica. Quando se expande uma fonte rígida como a nuclear, coloca-se um sobrepreço ou se desperdiça recurso, na medida em que não é possível aproveitar plenamente o potencial de uma fonte variável, mais barata, disponível. Nesse caso, o ideal é ter fontes flexíveis operando junto com a eólica, como por exemplo térmicas a gás em ciclo aberto e mesmo térmicas a biomassa em certa medida. Térmicas em geral e hidrelétricas, principalmente, têm flexibilidade para reduzir a geração no momento em que a energia eólica aumenta a sua contribuição. Dessa forma, o Brasil deveria investir em fontes flexíveis e não em fontes inflexíveis, como é o caso das usinas nucleares.

O grande senão da geração nuclear é o seu alto custo, que tem se mostrando crescente no tempo.

Não existe outra fonte de geração elétrica tão cara quanto a nuclear. Além da questão do alto custo, há também a questão dos riscos associados a essa fonte. É curioso porque poucas pessoas falam, mas quase se poderia dizer que o custo de uma usina nuclear é praticamente infinito, na medida em que não existe nenhum banco ou seguradora comercial no mundo que aceite fazer seguro de uma usina nuclear. Ora, se quem é do ramo não aceita fazer seguro, isso demonstra que a percepção é de que o risco desse tipo de empreendimento é infinito. Logo, a sociedade é quem banca uma fonte que o sistema econômico não aceita bancar. É uma falácia dizer que a nuclear é barata porque, se fosse barata, bancos e seguradoras veriam uma oportunidade de negócio e aceitariam segurar usinas nucleares. Bancos e seguradoras comerciais entendem que o risco de uma usina nuclear é inaceitável para as suas atividades fim.

De fato, o verdadeiro risco de uma usina nuclear não é quantificado por ninguém. A tarifa que se paga pela energia elétrica gerada por uma usina nuclear não incorpora o risco, tanto que a tarifa paga no Japão pela energia nuclear, ou que se pagou no passado, jamais conseguirá pagar de volta o custo do acidente de Fukushima. A tarifa da nuclear não incorpora o seu risco. Ela paga, se tanto, o custo da sua tecnologia operando em perfeitas condições, e isso quando não há subsídios. Com exceção das hidrelétricas, todas as outras fontes têm apresentado um custo de geração decrescente no tempo. No caso das hidrelétricas, ocorre o contrário por razões óbvias: constrói-se as hidrelétricas mais baratas primeiro e, com o tempo, passa-se para empreendimentos menos interessantes, sendo normal que o custo da nova hidrelétrica seja maior que o da anterior. Todas as outras fontes, no entanto, apresentam um custo da energia decres-

cente com o passar do tempo. No caso da nuclear, que cada vez fica mais cara e mais demorada para se construir, isso acontece porque a legislação ou a regulação tem ficado mais dura e os reatores mais novos são mais seguros do que os anteriores. Ou seja, a tecnologia está se tornando mais complexa e, de fato, está se tornando mais segura, e também mais cara. Contudo, o fato de ela se tornar mais segura não significa que ela seja isenta de riscos.

O preço não incorpora o seguro de um possível acidente. Um acidente nuclear apresenta um custo incalculável, sem levar em consideração a questão do custo para as gerações futuras. Ainda não foi resolvido por nenhum país o que fazer com o rejeito radioativo de usinas nucleares. Não está incluído na tarifa de nenhuma usina nuclear no mundo o que fazer com o rejeito nuclear. Alguns estudos recomendam que seja feito o acompanhamento do rejeito radioativo (combustível gasto de usina nuclear) por até dezenas de milhares de anos. Então, é incalculável o custo de administrar algo por mil, dez mil, cem mil ou duzentos mil anos. Isso não está na tarifa. A tarifa da usina nuclear Angra 3 que está sendo proposta já é absurdamente elevada, injustificável mesmo. Não há fonte de energia tão cara quanto o que está se propondo e, além disso, essa tarifa não considera nenhum seguro contra acidentes nem prevê o que faremos com o rejeito nuclear ao longo dos próximos milênios.

Por isso a maior parte dos países desenvolvidos do mundo não está indo para o nuclear. Pelo contrário, eles estão saindo do nuclear. Não é por acaso que a Alemanha está banindo a nuclear, não é por acaso que os EUA não inauguram nenhuma usina nuclear desde o final do século passado, embora isso tenha começado a ser revisto agora com o governo Trump. O fato é que, mesmo quando se veem a

quantidade de usinas nucleares sendo construídas no mundo, o número é consideravelmente inferior ao de usinas que estão sendo desativadas. Assim, se essas usinas em construção forem terminadas, não irão repor a quantidade que está morrendo mais rapidamente. O total de nucleares no mundo está diminuindo e não aumentando.

Em relação às vantagens das usinas nucleares, uma das principais delas está no baixo consumo de combustível e no baixo custo desse combustível. Quando não havia tamanha preocupação com essa tecnologia, ela era considerada interessante porque se entendia que a usina talvez não fosse cara de ser construída, uma vez que, de fato, os primeiros reatores não foram tão custosos assim, pois não tinham um padrão de segurança muito alto. À época, nos Estados Unidos, chegou-se inclusive a falar que a energia elétrica vinda de usinas nucleares se tornaria tão barata ao longo do tempo, que os medidores de consumo de energia elétrica deixariam de existir, pois esses passariam a ser mais custosos do que a própria energia consumida. E também porque o custo do combustível era também bastante reduzido, como ainda é hoje. Usinas nucleares lembram usinas hidrelétricas nesse sentido: caras de se construir, mas com custos de combustível muito baixos. Diferentemente de uma térmica a gás, por exemplo, onde o custo da planta em si é baixo, mas o combustível é caro.

Contudo, apesar de o Brasil possuir uma das maiores reservas de urânio do mundo, é injustificável usar esse argumento para defender usinas nucleares no país. O que menos interessa na questão da fonte nuclear é o combustível. O combustível é uma não-

questão, já que uma usina consome pouco combustível, e não é porque temos muito combustível nuclear que a gente deve ir para essa fonte. Temos que olhar o custo do kWh produzido por essa tecnologia, e quando vemos o que está se propondo de tarifa para Angra 3, o valor é assustador: duas ou três vezes mais do que qualquer outra alternativa disponível no país. Dessa forma, o custo já mostra que usinas nucleares não são um bom negócio.

Existe uma usina nuclear que está sendo construída agora na Inglaterra, a *Hinkley Point*, cuja tarifa que está sendo proposta é um absurdo completo. A população está escandalizada com como você pode justificar uma alternativa naquele valor se você tem outras alternativas muito mais atraentes economicamente. Novamente, usinas nucleares só pelo custo do combustível não são justificáveis, sem falar na questão do risco que já tratamos aqui. Se existem usinas nucleares interessadas em comprar o urânio brasileiro tudo bem, pois a exploração é uma atividade econômica como qualquer outra. Porém, o valor é tão baixo, tanto pelo custo quanto pelo consumo, que não é pelo urânio que se deve justificar a fonte nuclear no Brasil. Já vi pessoas tentando justificar o desenvolvimento da fonte nuclear no Brasil porque o Brasil tem muito urânio, mas isso não é um argumento razoável. Finalmente, não se pode esquecer que, se no Brasil não conseguimos nem controlar a segurança de barragens com rejeitos de mineração, o que dizer de uma terceira usina nuclear entre Rio e São Paulo, e o lixo radioativo daí resultante por alguns milhares de anos. Há alternativas melhores para o setor elétrico brasileiro, e mesmo a eficiência energética anda meio esquecida no país.

\* Este texto é de inteira responsabilidade do autor e não reflete necessariamente a linha programática e ideológica da FGV.



---

[fgv.br/energia](http://fgv.br/energia)

