



# CONSIDERAÇÕES SOBRE O SETOR ELETRICO

**Luiz Carlos Gabriel\***

A geração de energia elétrica no Brasil é basicamente caracterizada pela utilização de fontes primárias renováveis, com especial destaque para as fontes hídricas, que representam um percentual da ordem de 65% da Matriz Energética. Este sistema, entretanto, atualmente passa por uma Transição Hidrotérmica. O que significa isto?

Esta transição é o resultado da desregulação da geração hidroelétrica, que por este motivo passa a necessitar da participação de fonte térmica para contribuir na segurança do abastecimento. A desregulação ocorre devido à diminuição da capacidade de uma fonte hídrica de recompor o volume de água usada na geração, notadamente devido à menor afluência no seu reservatório. Conseqüentemente, quanto menor volume de água armazenada, menos energia potencial para ser transformada em energia elétrica.

Há evidência de desregulação quando a taxa de crescimento das usinas térmicas passa a ser muito maior do que a taxa de crescimento das hidroelétricas, como ocorre hoje no Brasil. Basta observar a quantidade de contratos de fontes térmicas (carvão, óleo, gás...) nos leilões de energia.

Dois eventos têm relação direta com a diminuição do volume de água nos reservatórios: menores índices de chuva e o modelo de hidroelétricas a fio d'água adotado em 2003/2004. Uma usina a fio d'água tem reservatório com acumulação suficiente apenas para prover regularização diária ou semanal, ou sequer tem

reservatório, ou seja, aproveita o desnível natural do rio para girar as pás da turbina que aciona o gerador de eletricidade. No período seco pode até não gerar nada, ou de modo incipiente, impactando o equilíbrio da oferta de energia.

A partir do final dos anos 2000, observa-se uma expansão da geração hidráulica a fio-d'água, como as usinas de Belo Monte, Girau, Santo Antônio e outras, bem como das renováveis biomassa, eólica e, mais recentemente, da fotovoltaica (solar). Paralelamente, ocorre também gradual crescimento da contribuição das termoeletricas (energia "firme") incorporadas ao Sistema Integrado Nacional (SIN), que é o conjunto de usinas e linhas de transmissão que geram e transportam energia no País.

Este crescimento não é só devido à diminuição do volume de água nos reservatórios, mas também para compensar a intermitência na geração de energia de fontes renováveis, ao longo de um determinado período. Como, por exemplo, a redução da geração eólica horária ilustrada no gráfico abaixo.



Avaliações e estudos do setor elétrico, em geral assinalam crescimento muito pequeno no armazenamento hídrico do SIN, indicando que os efeitos da transição hidrotérmica serão acelerados nos próximos anos. Neste cenário, as fontes renováveis biomassa, eólica e fotovoltaica exercem papel relevante na complementação do potencial energético. Ou seja, principalmente quando operando com baixa intermitência, podem contribuir de modo significativo para economizar água nos reservatórios, e assim a capacidade das hidroelétricas na regulação da demanda de energia é ampliada.

Deste modo, o planejamento recomendável é um arranjo de geração formado por termoelétricas operando na base do sistema hidrotérmico e as renováveis na sua complementação.

O carvão, embora tendo incorporado novas tecnologias que facilitam uma queima limpa, ainda assim emite gases de efeito estufa (GEE), assim como o diesel e o gás natural. Por outro lado, reduzir a emissão de GEE é compromisso ambiental assumido pelo Brasil no cenário internacional, como por exemplo o Acordo Climático de Paris (COP 21/2015), com evidentes reflexos na exportação de produtos do agronegócio, percentualmente muito significativa na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Além dos compromissos com os protocolos nacionais para controle da poluição, como os da área da Saúde em relação à redução de doenças respiratórias.

O gás natural (GN) polui menos do que o carvão e o diesel. Na realidade, trata-se de um hidrocarboneto (assim como o petróleo) formado por metano, etano e propano que também emitem GEE na queima, embora em menores proporções. É útil na complementaridade das renováveis intermitentes, mas é um problema em

relação ao meio ambiente. Para escalas crescentes de utilização na geração de eletricidade existe problema também de infraestrutura, isto é, as malhas de gasodutos ainda não chegam à maioria das regiões com planejamentos de geração elétrica. Idem em relação à distribuição, principalmente para o interior do País.

Adicionalmente, é necessário também avaliar se investir pesado em infraestrutura para GN vale realmente os esforços, e se não deixará um “elefante branco” de obras, recursos e instalações sem utilidade em um futuro talvez não tão longe.

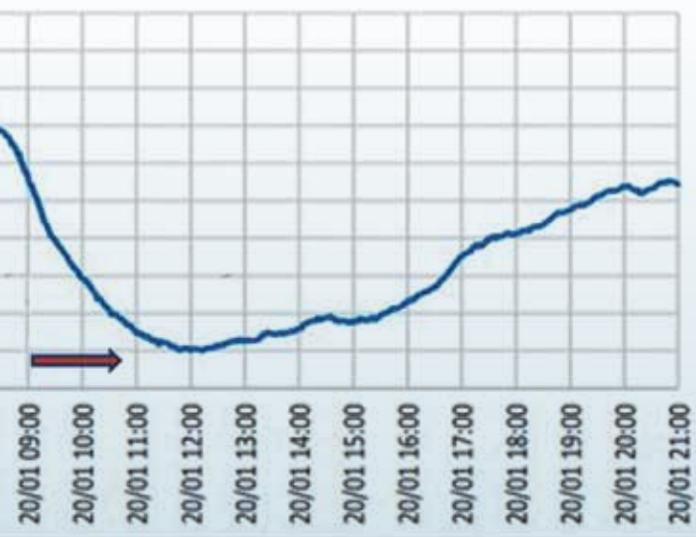
Neste cenário aparece outra alternativa que é a geração termonuclear. Esta modalidade apresenta vantagens significativas devido à baixa emissão de carbono e alto fator de capacidade (>90%). Energia limpa, firme, eficiente e relevante em relação ao planejamento do setor elétrico.

Por outro lado, ainda há controvérsias, preconceito e desinformação a respeito do uso da energia nuclear. Principalmente devido ao acidente na Central de Fukushima no Japão.

No entanto, não se sustenta uma analogia deste acidente com as instalações da Central Nuclear de Angra, até porque as características construtivas dos seus reatores PWR (reator de água pressurizada) de geração II, como os sistemas de refrigeração, pressurização e redundâncias de segurança, não permitem a ocorrência de acidentes semelhantes. Fukushima, por exemplo, emprega reator BWR (reator de água fervente), cujo vaso de pressão produz calor que é enviado a um trocador de calor, que gera o vapor que move as pás de uma turbina e esta move o gerador que produz eletricidade. Não há pressurização no sistema primário (água que passa pelo reator e adquire calor), por isto a água entra em ebulição a 100°C.

Assim sendo, o motivo pelo qual ocorreu a explosão na Central Nuclear de Fukushima quando o sistema de refrigeração ficou inoperante não tem condições técnicas de acontecer na Central de Angra, porque a água pressurizada não ferve a 100°C. Não há, portanto, a formação de vapor superaquecido e de hidrogênio (explosivo). A alta concentração de vapor e hidrogênio seguido de uma ignição foi a causa da explosão do reator de Fukushima. Não foi uma explosão nuclear, pois usinas nucleares não se comportam como um artefato nuclear. Quem causou a explosão foi o hidrogênio.

Com relação a inovações no setor, reatores da geração III incluem evoluções de segurança e tecnológicas. Continuam refrigerados a água (leve) com combustível



óxido de urânio enriquecido a 4%, mas com evolução de I&C (Instrumentação & Controle) digitais. Bem como dispositivos contra acidentes severos como, por exemplo, derretimento do núcleo do reator por sobre temperatura, vazamento de radiação e explosão, como aconteceu em Fukushima e Chernobyl.

Paralelamente, estão aparecendo novas soluções de menores investimentos e custos, como os reatores de geração III+ os quais contemplam uma arquitetura construtiva modular (SMR – *Small Modular Reactor*), que reduz o custo e tempo de construção, montagem e comissionamento. Incorporam ainda o conceito de segurança passiva, isto é, eventos operacionais acontecem de modo natural, independentes de ação humana ou dispositivos, por meio da ação da gravidade, transmissão de calor por convecção etc., proporcionando maior segurança intrínseca.

A geração IV, que certamente contemplará avanços tecnológicos e de segurança surpreendentes, deverá começar a aparecer por volta da década de 2030.

Apesar das aplicações em vários campos importantes, como na pesquisa científica e na fabricação de radiofármacos, tais como Iodo-131 para terapia de câncer de tireoide e Tecnécio-99m para cintilografia pulmonar, é na geração de eletricidade que a energia nuclear apresenta maior utilização. Neste sentido, a demanda por energia elétrica nuclear continua a crescer. Atualmente, vários países estão construindo dezenas de novas usinas nucleares e outras tantas estão em fase de planejamento.

A Alemanha, entretanto, projetou desligar todas as suas nucleares até 2022 e incrementar as renováveis, com ênfase na energia fotovoltaica e eólica. Assim, oito ou nove usinas nucleares já foram desligadas e substituídas por usinas a carvão mineral e por fontes renováveis. O resultado foi um grande aumento da tarifa de energia e mais poluição ambiental, gerando insatisfação e protestos da população. O setor industrial igualmente protestou contra esta decisão. A opinião de importantes indústrias por lá é de que foi um erro e que o governo deveria ter desligado as térmicas a carvão e não as nucleares.

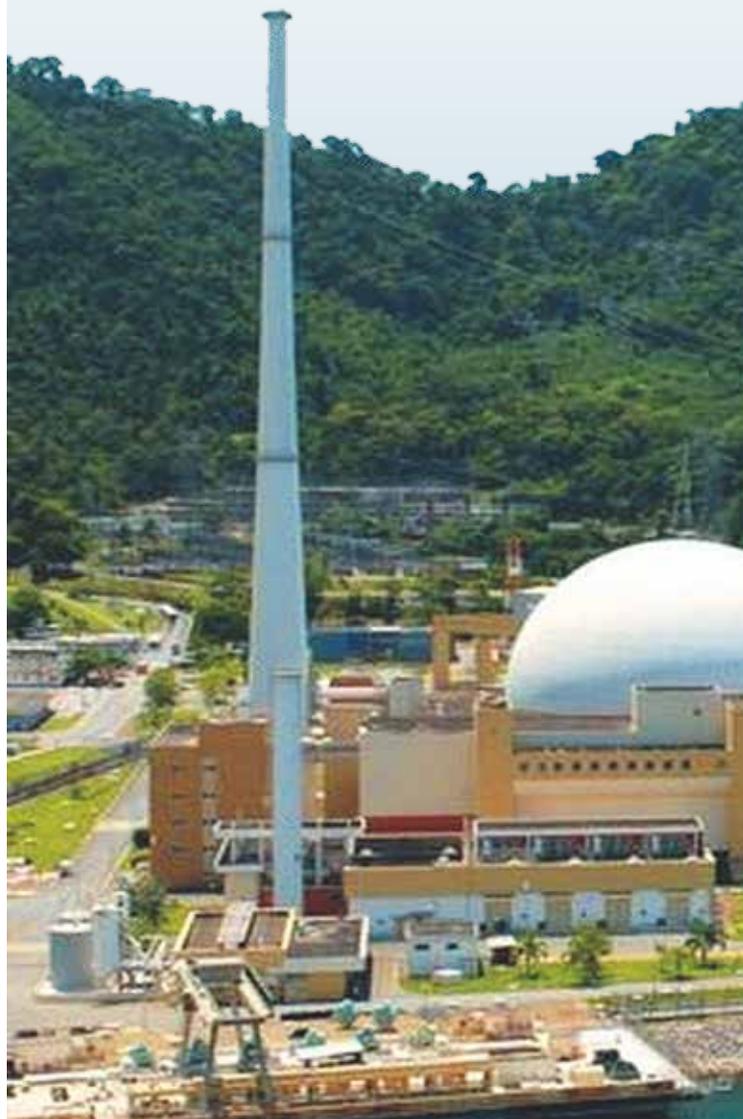
A Alemanha de hoje já está muito mais poluente do que a França, que tem 73% da sua geração de base termonuclear. Igualmente o Japão pós-Fukushima decidiu desligar aos poucos suas usinas nucleares anteriormente. Hoje está construindo mais duas Centrais: Ohma e Shimane.

Finalmente, à medida que cresce o consumo de energia no País, cresce também a necessidade de

expansão da oferta. No presente, entretanto, as medidas de contenção à Covid-19 começaram a ter impacto significativo no setor energético a partir do dia 23 de março deste ano, chegando a uma queda de demanda no SIN de aproximadamente 14,9%. Diante desta intensa redução no consumo de energia, é provável que o setor seja ainda afetado no médio prazo.

Apesar de tudo, o setor elétrico, sem dúvida, terá forte influência no caminho que o País seguirá quando da mitigação da Covid-19 e retorno à “normalidade”, seja qual for a forma em que ela se apresente.

Cada fonte tem o seu papel e importância na matriz energética e, neste sentido, o Brasil é especialmente privilegiado em diversidade de fontes de energia. Ainda assim, é um enorme desafio despachar (controlar) uma combinação de fontes que atenda à demanda e, paralelamente, caminhar no sentido da descarbonização do SIN, uma meta que se relaciona diretamente com a área de saúde e com as exigências ambientais



para a exportação do produto nacional.

A questão energética do SIN se junta a outros aspectos como, por exemplo, a depreciação da competitividade do produto manufaturado brasileiro. Equipamentos e processos obsoletos utilizados ainda hoje nas indústrias têm também parcela de responsabilidade nesta depreciação. Caldeiras e motores elétricos com mais de 30/40 anos são exemplos de baixa eficiência que desperdiçam energia e diminuem a competitividade do produto brasileiro. Os incentivos e normas de eficiência energética têm gerado alguns bons resultados, mas não bastam. A indústria brasileira precisa se modernizar mais,

## Vantagens da Expansão da Geração Termonuclear no Brasil

- Usinas nucleares não emitem GEE.
- O Brasil tem a sexta maior reserva de urânio do mundo e com apenas 30% do seu território prospectado.
- O urânio não é utilizado pela indústria. Assim, a produção pode ser direcionada às usinas nucleares, o que significa combustível barato e volatilidade zero.
- Fator de capacidade das usinas é maior do que 90%.
- O Brasil é um dos poucos países que domina o ciclo completo de enriquecimento do urânio. Este conhecimento pode alavancar a produção em alta escala do isótopo U235 (urânio enriquecido) a 4% para a geração de eletricidade, a 20% para reatores de pesquisas científicas e submarinos de propulsão nuclear e para exportação, em função do alto valor agregado e de um ávido mercado internacional.

principalmente em tempos de tendência à indústria 4.0 da concorrência internacional.

A exportação, não só de produtos agrícolas e minerais, mas principalmente de manufaturados de maior valor agregado, é um valioso meio de pavimentação do caminho para o desenvolvimento. Neste sentido, o produto brasileiro precisa tornar-se mais competitivo. Isto significa embutir menos energia e menos carbono.

O Brasil precisa avançar no desenvolvimento, gerar trabalho e renda. Para isto, entre outras ações, é necessário investir em geração de energia confiável, limpa e barata. Eis o desafio. ■

**\* Engenheiro Eletricista, M.Sc.**

**Central Nuclear  
de Angra dos Reis**

