

## A geração núcleo-elétrica antes e após Fukushima

(03/08/18) O início do ano 2011 encontrou o mundo altamente favorável à expansão da energia nuclear como fonte de geração de eletricidade. O acidente nuclear de Fukushima, que ocorreu em março desse ano, veio colocar um freio momentâneo nessa expansão, com a revisão da segurança das usinas em operação e em construção e afetando projetos de expansão nuclear em vários países. No entanto, passados mais de sete anos do acidente, uma pergunta que surge é como o acidente afetou e quais as perspectivas futuras em relação à participação da energia nuclear na geração de eletricidade.

Olhando para os dados de 2010 e 2017/18, antes e após o acidente de Fukushima, pode-se observar que alguns países reduziram significativamente o número de reatores em operação. Por outro lado, nos principais países em desenvolvimento, ocorreu um grande aumento no número de reatores em operação e em construção, com outros países entrando agora no uso da geração nuclear.

### I. Países desenvolvidos

Entre os países que diminuíram o número de reatores estão Japão, Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos e Suécia. Na França existe uma proposta de redução da participação nuclear, ainda não totalmente sedimentada. A análise em separado de cada caso mostra situações bastante diferentes.

**Japão:** O acidente de Fukushima afetou principalmente o Japão. Em 2010, antes do acidente, operavam no Japão 55 reatores. Após o acidente, a operação de todos os reatores nucleares foi suspensa, sendo criado um sistema para análises de segurança rigorosas de cada reator, sujeitando seu retorno a uma série de condicionantes, entre as quais a aprovação pelo governo de cada localidade. Dos 55 reatores, 15 provavelmente não irão operar novamente, incluindo os 6 reatores da central Daiichi de Fukushima e os que têm localização em áreas de falhas geológicas ou necessitam de grandes investimentos para sua readequação às exigências pós-Fukushima. Os 40 reatores considerados operacionais gradativamente estão sendo autorizados a operar. Em 2018, 9 desses reatores já retornaram à operação. Os demais estão em processo para conseguir a autorização de retorno. Antes de 2011, a energia nuclear era responsável por quase 30% da geração elétrica no Japão. Em 2017, com 5 reatores nucleares operando, a contribuição nuclear foi de 3.6%. No planejamento de longo prazo lançado em 2015, o Japão continua considerando a energia nuclear importante para o país e prevê a meta de participação na geração elétrica de 20 a 22% por volta de 2030, considerando sua importância para a descarbonização da matriz energética japonesa.

**Alemanha:** Após Fukushima, a Alemanha, fortemente pressionada politicamente pelo Partido Verde local, decidiu abandonar a alternativa nuclear substituindo gradativamente por energia renovável, basicamente eólica e solar. A participação nuclear na matriz elétrica diminuiu de 26,1 % para 11,5 %. Continua com 8 usinas operacionais, enquanto 9 usinas tiveram suas atividades encerradas a partir de 2011. Permanecem, no entanto, alguns problemas na gestão do provimento de energia elétrica, pois para compensar o desligamento dos reatores, a Alemanha foi obrigada a recorrer ao carvão e à importação de energia elétrica de outros países. Em alguns momentos de alta demanda as usinas nucleares em operação evitaram o risco de um

blackout. Apesar do grande investimento na geração eólica, as linhas de transmissão que trarão energia gerada na costa alemã ainda não foram totalmente concluídas. O governo alemão mantém subsídios a algumas indústrias, em função do aumento de tarifa pela adoção preferencial pelas energias alternativas. Esse subsídio é custeado com uma taxa adicional paga pelos demais consumidores.

**Reino Unido:** Apesar de 4 reatores em fim de vida útil terem sua operação encerrada no período 2010-2017, a participação nuclear na geração elétrica subiu de 17,9% para 19,3% nesse mesmo tempo. O principal motivo foi o aumento da eficiência das usinas nucleares. Em 2013 foi promulgada lei que confirmou a decisão de continuar a utilizar a energia nuclear como instrumento importante para a produção de energia com baixa liberação de carbono e para isso está programando a construção de 16.000 MWe fornecido por usinas nucleares, provavelmente com participação da França e da China. A construção de novos reatores deve iniciar dentro dos próximos anos.

**Estados Unidos:** Antes de Fukushima havia a expectativa de um “boom” na retomada da construção de usinas nucleares no país, com proposta da construção de vários reatores de diversos fabricantes. Para isso, vários projetos de reatores haviam sido aprovados pelo órgão regulador, dentro da perspectiva do novo processo de licenciamento nuclear americano, que primeiro aprova o equipamento (o reator) para depois licenciar junto com o local de instalação. Um evento de natureza econômica afetou o mercado de energia americano. Foi o desenvolvimento da tecnologia que permitiu a extração com baixo custo de gás e do óleo de estruturas de xisto argiloso do subsolo (“*shale gas and oil*”), o que se tornou uma opção mais atraente do ponto de vista de investimento. De 2010 a 2017 o número de usinas nucleares em operação nos Estados Unidos passou de 104 para 99. A perda desses reatores foi compensada pelo aumento na capacidade de produção dos reatores existentes. Deixaram de operar aqueles para os quais não houve interesse econômico na extensão de sua vida operacional após o período de vida útil. Mesmo com a diminuição do número de usinas em operação, a produção nuclear aumentou de 787,7 TWh para 805,3 TWh. A participação nuclear na geração elétrica pouco alterou passando de 20,2% em 2010 para 20% com capacidade instalada de 99.647 MWe. Em 2016 entrou em operação a primeira nova usina nuclear após mais de 40 anos. Dois reatores estão em construção no país, Vogtle 3 e 4, do modelo AP1000. Até o início de 2018, havia sido renovada a extensão de vida de 40 para 60 anos para 86 reatores.

**Suécia:** A Suécia decidiu em 2005 que a construção de novos reatores somente deve ocorrer em substituição aos existentes e nos mesmos locais já aprovados. De 2010 a 2017, reduziu o número de reatores de 10 para 8, desativando as usinas 1 e 2 de Oskarshamn, respectivamente com 473 e 638 MWe de potência. Essa redução foi compensada pela modernização dos demais reatores, que acrescentou 1.230 MWe na produção de eletricidade por energia nuclear. Atualmente está em discussão a construção de novas usinas em substituição às desativadas.

**França:** Apesar de o número de reatores entre 2010 e 2017 não ter se alterado, a maior parte dos 58 reatores em operação irá alcançar 40 anos de existência nos próximos 15 anos. Atualmente a França tem um reator em construção, em Flamanville. No pronunciamento do novo presidente eleito em 2017, foi expressa a meta de reduzir a participação da geração elétrica nuclear na matriz energética dos 73% atuais para 50% por volta de 2023. Ainda não está definido como e se isso efetivamente ocorrerá, o que

irá depender do comportamento das energias renováveis, basicamente eólica e solar, já que os recursos hidráulicos existentes estão esgotados, uma vez que não há intenção no aumento das usinas térmicas. A França tem em desenvolvimento um novo projeto de reator de 3ª geração, baseado no EPR, destinado a ser o padrão para a nova série de reatores nucleares. Além disso, está aberta a possibilidade de extensão de vida para pelo menos parte dos reatores que estão prestes a alcançar os 40 anos de vida.

## II. Países em desenvolvimento

Para os países em desenvolvimento a situação é de um aumento significativo na participação da energia nuclear. China, Rússia, Índia são países que já detêm a tecnologia de construção de reatores nucleares e que vem implementando um grande aumento na participação nuclear na geração de energia. Além desses, outros países, como Emirados Árabes Unidos, Bangladesh, Bielorrússia e Turquia, estão entrando na geração nuclear. A Coreia do Sul, apesar de ter aumentado sua geração núcleo-elétrica, passa por um momento de discussão quanto ao futuro.

**China:** Na China, em 2010, antes de Fukushima, existiam 11 reatores em operação, com 24 em construção. Atualmente são 41 reatores operando, com mais 17 em construção. A China tem três empresas governamentais que atuam na geração núcleo-elétrica. Cada uma delas associou-se a um fabricante tradicional de reatores nucleares e, a partir da 4ª usina de cada tipo construída, a empresa chinesa passa a incorporar a tecnologia e a associar-se ao seu fornecedor como construtor de reatores.

**Rússia:** Na Rússia, em 1970, eram 31 reatores operando, hoje são 37, com mais 6 em construção. A capacidade instalada da energia nuclear passou de 21.743 MWe para 28.961 MWe com um aumento de 33,1%, embora a participação aumentasse de 17,8% para 18,3% da matriz energética. A Rússia é hoje um dos principais fornecedores de reatores para outros países, com um forte programa de financiamento de seus produtos.

**Índia:** Em 2010, 19 reatores estavam em operação na Índia, número que passou para 22 reatores em 2017, com mais 6 em construção. A capacidade instalada de geração nuclear subiu de 4.183 para 6.219 MWe. A participação da energia nuclear na geração elétrica aumentou de 2,2% para 3,2% .

**Coreia do Sul:** Em 2010 operavam no país 20 reatores com capacidade instalada de 17.166 MWe. Em 2017 esse número passou para 25 reatores com capacidade instalada de 23.100 MWe. Atualmente 4 reatores estão em construção, adicionando mais 5.600 MWe. A Coreia do Sul é também a responsável pela construção dos reatores nos Emirados Árabes Unidos. Entretanto, o novo presidente da Coreia, eleito em maio de 2017, declarou sua intenção de deixar a opção nuclear até 2050, paralisando inclusive a construção já iniciada de duas usinas nucleares. A forte oposição local fez com que voltasse atrás na decisão e a construção dessas usinas foi retomada. A energia nuclear responde por quase um terço da produção de eletricidade no país, que é prioritariamente baseada em carvão (cerca de 40%). Apesar de existir um forte movimento anti-nuclear no país, também é bastante significativo o suporte à expansão nuclear e à eliminação do carvão como fonte de eletricidade.

**Emirados Árabes Unidos:** Com a ajuda da Coreia do Sul, têm 4 reatores em construção ao mesmo tempo, sendo que o primeiro deve entrar em operação ainda em 2018. As unidades 2, 3 e 4 estão com 92%, 81% e 66 % completadas. Apesar de ter uma reserva significativa de petróleo (6% das reservas mundiais conhecidas), os Emirados têm como perspectiva que cerca de 25% de seu suprimento de energia elétrica seja de origem nuclear, diminuindo sua dependência de gás importado. Isso deve ser conseguido com a entrada em operação dos 4 reatores até 2021 trazendo ao sistema 5.600 MWe.

**Bielorrússia:** O país está construindo 2 reatores com capacidade de 1.200 MWe em Ostrovets. A previsão de entrada em operação dos dois reatores é 2019 e 2020, respectivamente.

**Bangladesh:** Está construindo dois reatores com 1.200 MWe de capacidade em Roopur. A Unidade 1 é prevista para entrar em operação em 2021 e a Unidade 2 em 2024.

**Turquia:** Em 3 de abril de 2018, a Turquia iniciou a construção de sua primeira usina nuclear, com a cooperação da Rússia, com a expectativa de entrada em operação em 2023. Akkuyu NPP-1 é a primeira das 4 usinas de 1.200 MWe a serem construídas nessa central. Além dessa cooperação, há planos para a construção de reatores em outros locais já definidos.

### III. O uso atual da geração nuclear no mundo

O número de reatores no mundo continua em expansão, embora o ritmo dessa expansão tenha sido afetado pelo acidente de Fukushima em 2011. Excluindo o Japão, operavam no mundo 384 reatores em 2010. Em 2017 esse número aumentou para 412 reatores, representando um acréscimo de 28 reatores, mesmo considerando os que foram desativados na Alemanha e em outros países. Comparando 2017 com 2010, a produção de eletricidade por geração nuclear caiu 72 TWh devido principalmente a queda de 245,6 TWh no Japão. Não fosse isso, o aumento seria de 173,6 TWh de produção elétrica na mesma relação, mesmo incluindo o decréscimo na Alemanha.

Em países mais desenvolvidos a participação da geração nuclear tem se mantido razoavelmente estável. Além da extensão de vida dos reatores de 40 para 60 anos, a substituição dos reatores retirados de operação tem sido compensada por novas construções e pelos ganhos na produção de energia pela otimização dos projetos e pelo aumento da disponibilidade das usinas. Os maiores impactos em redução foram na Alemanha, onde a decisão de fechar todos os reatores até 2023 foi política, e no Japão, no qual o acidente fez reavaliar a segurança dos 55 reatores concluindo pela não reativação de 15 deles. A diminuição de custos da geração elétrica por energia solar e eólica também tem sido um fator importante para o não crescimento da energia nuclear nos países mais desenvolvidos. Nos Estados Unidos, o principal fator inibidor do crescimento nuclear foi a nova tecnologia de exploração a baixo custo de gás de xisto (“shale gás”) como fonte geradora de eletricidade. Dentre os países desenvolvidos, o Reino Unido reafirmou a manutenção do uso da energia nuclear como fonte importante de energia, com programa já definido de novas usinas em substituição às que vão ser desativadas.

Em contrapartida, os principais países em desenvolvimento, com previsível aumento na demanda de energia, continuam apostando na fonte nuclear como componente importante em sua matriz energética. A China dá continuidade ao seu robusto programa de expansão da energia nuclear, assim como a Rússia e a Índia. Outros países, como Emirados Árabes Unidos, Bielorrússia, Bangladesh e Turquia, estão iniciando seus programas de geração nuclear. Novos projetos de reatores, das chamadas gerações III e III+ já estão entrando em operação, como o APR1400 da Coreia do Sul e o VVR1200 da Rússia. Esses reatores, junto com outros novos projetos, têm aperfeiçoamentos que aumentam ainda mais sua segurança e diminuem os custos e tempo de construção.

#### **IV. A situação do Brasil**

Um erro que é constantemente cometido em política energética é o de comparar o Brasil com economias ricas que estão com o consumo de eletricidade razoavelmente estabilizado, para as quais o objetivo maior é aumentar a eficiência do uso de energia e diminuir a liberação de gases de efeito estufa. Seriam melhores modelos de comparação países que têm uma necessidade maior de energia, por se encontrarem, como o Brasil, em um patamar baixo de consumo per capita e ainda em um nível indesejável de desenvolvimento econômico. Enquanto China, Rússia e Índia, além de investir nas diversas formas de energia renovável, aceleram o uso da energia nuclear em sua geração elétrica, o Brasil vacila em retomar seu programa nuclear. Prova disso é que de 1972 a 2018, o país construiu apenas duas usinas nucleares e mantém paralisada a construção da terceira usina. Após ser retomada em 2008, a construção de Angra 3 parou em 2015, quando se preparava para o início da montagem eletromecânica. Em 2017, Angra 1 e Angra 2 estiveram entre as usinas mais produtivas do mundo. Angra 3 irá dar mais sustentabilidade ao sistema atual, evitando o crescente uso das termoelétricas a gás e a óleo para geração adicional, que são caras e oneram o consumidor. A energia hidráulica teve no passado o papel de prover equilíbrio ao sistema elétrico, utilizando os seus reservatórios para compensar variações nas outras fontes. No entanto, com a construção de usinas hidrelétricas a fio d'água, e com as variações no regime de chuvas, a função de estabilizar o sistema ficou prejudicada. Some-se a isso a participação cada vez maior da energia eólica e solar na matriz elétrica, que necessitam de um fornecimento estável de base na rede, papel esse que pode ser exercido com o auxílio da energia nuclear. Por esse motivo, torna-se imperativa a retomada da construção de Angra 3 e a inclusão de novas usinas nucleares dentro do planejamento energético nacional, aproveitando o fato de que o Brasil é um dos poucos países em que a energia nuclear dispõe de reservas de urânio e da tecnologia de fabricação do combustível, com baixo grau de dependência externa.

**Autor:** Ivan Salati – físico com doutorado em Engenharia Nuclear e vice-presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben)