

O futuro da geração intermitente¹

Pietro Erber²

Aproveitar a energia solar, eólica, hidráulica e da biomassa será fundamental para a renovabilidade e descarbonização da matriz energética. Este artigo enfoca a energia elétrica solar fotovoltaica e a eólica, cujos custos foram significativamente reduzidos ao longo da última década, contribuindo para sua competitividade frente a outras fontes renováveis. No entanto, a inserção dessas energias no mercado, de modo a efetivamente competirem com outras modalidades de geração, prestando os mesmos serviços, implica em custos adicionais, que compatibilizem suas características naturais com aquelas dos requisitos da demanda. A geração elétrica proporcionada por essas fontes é intermitente, não controlável, pois depende da insolação ou de vento. Como não envolve massas girantes e sua integração com a rede é feita por inversores de corrente contínua em alternada, essa modalidade de geração geralmente carece de inércia, essencial para a estabilidade do sistema interligado. Em vista das variações de sua oferta, é necessário que unidades geradoras hidro ou termoeletricas, que são dotadas de grande inércia, lhes proporcionem pronta complementação, mesmo que sua manutenção em regime de “reserva girante” reduza sua eficiência. A oferta dessas fontes, se descasada em relação à curva de demanda, pode produzir excedentes que, pelas dimensões alcançadas, o SIN já não consegue absorver, levando a cortes de geração e prejuízos financeiros da ordem de R\$ 2 bilhões.

As referidas complementações não foram contempladas nos leilões de oferta. As propostas refletiram os respectivos custos nivelados, que não contemplam a intermitência, tratando usinas não despacháveis como se o fossem. Com as dimensões alcançadas pelos parques solar e eólico, a variabilidade de sua oferta já não pode mais ser compensada pelas usinas despacháveis do SIN e a permanência de subsídios vem incentivando a expansão dessa geração, tanto centralizada quanto distribuída (GD). O crescimento dessas modalidades de geração acelerou o aumento da oferta global a taxas anuais bem superiores às da demanda do sistema interligado. Esta, por sinal, deve agora ser vista em seus termos líquidos, pois a GD, majoritariamente fotovoltaica, já supera 42 GW, o que reduz o mercado das concessionárias de distribuição. Desde o início da presente década, havendo forte insolação, além de vento, agrava-se a dificuldade do SIN aproveitar a totalidade da oferta, o que obriga seu operador (ONS) a desligar geradores (“curtailment”). Restrições à operação de usinas termelétricas e hidrelétricas tem contribuído para o “curtailment” crescente das usinas solares e eólicas. Configura-se assim uma questão de âmbito setorial, que assume feição política, de definir responsáveis pelo ressarcimento da referida perda de receita. No entanto, antes de apontá-los, é necessário caracterizar as diversas situações que podem levar à perda de oportunidade de gerar energia nessas usinas:

- Falta de conexão da usina ao sistema interligado, por atraso na implantação das obras necessárias previamente contratadas ou por interrupção de sua

¹ Artigo publicado em Valor Econômico. Disponível em:

<https://valor.globo.com/opiniaao/coluna/o-futuro-da-geracao-intermitente.ghtml> Acessado em 31.07.2025

² Membro do INEE e do Comitê de Energia da ANE

disponibilidade.

- Baixa confiabilidade do suprimento pelo sistema interligado, tanto por falta de inércia, em função dos componentes do parque gerador utilizados, quanto o risco de que perdas de elementos da rede de transmissão levem à perda de estabilidade sistêmica, com amplas interrupções de suprimento. Exemplos recentes são a ocorrida no Brasil em agosto de 2023, que afetou cerca de um terço da demanda do país e aquela que, mais recentemente, deixou às escuras a quase totalidade da Espanha, Portugal e parte da França. Em ambos os casos, ressalta a falta de inércia devida à baixa participação de hidrelétricas e termelétricas no atendimento da demanda, no momento em que ocorreu a falha. A insuficiência de inércia pode contribuir para a propagação de acidentes, mesmo de menor expressão aparente. Todavia, não há regra fixa para a participação segura de fontes ligadas por inversores à rede. Depende da configuração do sistema elétrico, da natureza dos inversores (os “grid forming”, ainda raros, oferecem maior segurança) e do nível de carga que esteja sendo atendida. Além de inversores que proporcionem inércia sintética, outros elementos, como compensadores síncronos, poderão conferir maior confiabilidade à segurança da operação e assim reduzir a necessidade de “curtailment”. Porém estes e outros elementos provedores de serviços ancilares precisam ter sua operação e remuneração regulamentadas.
- Falta de demanda: o elevado crescimento da capacidade geradora intermitente tende a aumentar o “curtailment” dessas e de outras fontes, em prejuízo da melhor utilização dos respectivos investimentos, além de perdas financeiras. É importante notar que o “curtailment” por falta de demanda não será evitado pelo aumento da capacidade de transmissão, mas apenas por um planejamento de expansão equilibrada e por cargas que absorvam excedentes de oferta que agora são desperdiçados. Do lado do sistema elétrico, essas cargas seriam aquelas dos sistemas de armazenamento, como baterias e hidrelétricas reversíveis, ao serem carregadas ou estiver ocorrendo o bombeamento, respectivamente.

Dado que a capacidade de armazenamento do SIN está praticamente esgotada, a criação de armazenamento adicional é urgente e depende, inicialmente, de regulamentação específica, que defina como tais investimentos serão remunerados e operados. Verifica-se, mundialmente, notáveis investimentos em armazenamento por baterias, de grande utilidade em ciclo diário ou semanal, com a vantagem sobre usinas hidrelétricas reversíveis de poderem ser instaladas rapidamente, sem restrição quanto à sua localização. No entanto, o sistema elétrico brasileiro carece tanto de armazenamento para ciclos curtos, quanto para compensar diferenças sazonais da oferta. Isto exige que a energia possa ser armazenada ao longo de meses, o que pode ser feito por usinas hidrelétricas reversíveis. Para atendimento da ponta de carga do SIN, quando este é mais exigido, a participação de baterias deverá ser limitada, pois não contribuem para a inércia do SIN, por serem ligadas à rede mediante inversores.

Para atender a demanda de ponta do SIN, em vista da rampa de dezenas de GW que precisam ser acionados em cerca de duas horas, inevitavelmente a solução principal, no curto prazo, será a mobilização de usinas térmicas, preferencialmente daquelas que possam ser acionadas por períodos curtos, como grupos diesel. A contribuição expressiva de baterias provavelmente só será possível daqui a dois anos e a de hidrelétricas reversíveis em cinco ou mais anos. Em médio e longo prazos, a utilização de termelétricas não atende plenamente às necessidades apontadas acima, além de contribuir para o aumento de emissões de GEE. Embora proporcionem potência, não absorvem excedentes de oferta mediante armazenamento ou seja, não minoram o “curtailment”. Ao contrário, sobretudo se operarem permanentemente, o aumentarão. Em vista dessas observações, pode-se afirmar que o armazenamento constitui o complemento natural e necessário da geração intermitente, para que esta atenda aos requisitos da demanda, em termos de quantidade, qualidade e confiabilidade.