

Prioridades para a integração das fontes renováveis variáveis no sistema elétrico

Contexto

Tendo como objetivo contribuir para a construção de uma matriz elétrica 100% renovável no futuro, o IEMA buscou, nos últimos anos, focar esforços para identificar os principais desafios que as chamadas fontes renováveis não despacháveis (FRND)¹, particularmente a eólica e a solar fotovoltaica, enfrentam para se estabelecer no Brasil. Entre as várias questões que vieram à tona neste processo, chamou-nos a atenção os desafios de curto, médio e longo prazo a serem superados para a integração dessas fontes na operação do sistema elétrico brasileiro.

Com a intenção de trazer à luz e discutir estes desafios, o IEMA realizou, no dia 26 de outubro de 2016, uma reunião técnica com representantes do governo, da sociedade civil, da academia e de entidades dos

segmentos do setor elétrico. Na primeira dessa reunião, houve três apresentações técnicas de Kamyla Cunha do IEMA, Rafael Kelman da Consultoria PSR e de Ricardo Gorini, diretor da Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), seguidas de discussão aberta entre os participantes. No período da tarde, o IEMA promoveu uma dinâmica que teve por finalidade provocar a discussão e, com isso, mapear as decisões e iniciativas que precisam ser tomadas no curto prazo (até 2018) para o adequado enfrentamento dos desafios colocados.

A presente nota técnica traz, assim, tanto o mapeamento dos principais desafios à integração das FRND ao sistema elétrico brasileiro quanto as ações identificadas como prioritárias para enfrentá-los.

A matriz elétrica brasileira está em transição

Diferentemente da maior parte dos países, o Brasil historicamente apresentou uma matriz elétrica renovável, muito em função da majoritária participação da hidroeletricidade na geração de eletricidade. Para lidar com a variabilidade dos regimes de chuvas, o país estruturou seu sistema elétrico a partir de três pilares fundamentais: geração hidrelétrica com reservatório, complementação térmica e um sistema de transmissão de amplitude nacional e centralizado – o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Porém, a exemplo do que ocorre em outros países, a configuração do sistema elétrico brasileiro tem passado por significativas mudanças nos últimos anos. A quase totalidade das hidroelétricas recentemente construídas, em obras e planejadas é

do tipo fio d'água, sem reservatório de regularização, o que diminui a sua capacidade de suprir a energia elétrica nos períodos mais secos do ano. Este é o caso das usinas hidroelétricas (UHE) de Santo Antônio, Jirau e Belo Monte

Também se tem verificado uma grande expansão das FRND, em especial, a eólica. Esta já é a terceira maior fonte no Brasil, responsável por 6% da capacidade instalada, detendo 9,5 GW da matriz elétrica nacional (BIG/ANEEL, 2016). A geração eólica só fica atrás das fontes hídricas (61%) e termoeletricidade movida a gás natural (9,3%) (EPE, 2016a). A existência de um grande potencial a ser explorado, de cerca de 350 GW (IEA, 2013a), sinaliza que ainda há muito espaço para a eólica crescer no país, inclusive para além das projeções oficiais. Estas estimativas, constantes do

1. Por “não despacháveis” denominamos as fontes não controladas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). A energia por elas produzida é diretamente injetada na rede a partir da disponibilidade do recurso natural primário. Variações na velocidade de vento ou radiação solar - eventos que podem ocorrer em curtos intervalos de tempo - implicam em variações na produção de eletricidade.

Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (PDE 2024), apontam que a eólica chegará, em 2024, a 24 GW, o que representará 12% de toda a capacidade instalada brasileira (MME/EPE, 2015).

Ainda que corresponda 0,02% da capacidade instalada atual do Brasil, a geração solar fotovoltaica tem apresentado taxas positivas de crescimento, notadamente por meio da geração distribuída (pequenas unidades de geração elétrica diretamente conectadas às redes de distribuição), a qual já conta com 32 MW instalados (nas modalidades micro e minigeração) (BIG/ANEEL, 2016). Segundo o PDE 2024, espera-se que a geração solar fotovoltaica chegue a 7 GW em 2024, contribuindo com 3% da capacidade instalada do país. A modalidade distribuída também tende a crescer, somando 1,3 GWp instalados no mesmo horizonte (MME/EPE, 2015).

É preciso destacar que, no Brasil, é significativa a complementação sazonal que se verifica entre a disponibilidade do vento e o regime de chuvas. Ou seja, chove mais no verão e venta mais no inverno e na primavera. Este fato tende a ser positivo na medida em que reduz o impacto da crescente variabilidade da matriz elétrica como um todo, já que a geração eólica nos períodos de baixa pluviosidade pode reduzir a necessidade de aproveitamento da energia armazenada nos reservatórios. Preservados, estes acabam por ter melhores condições de prover energia, inclusive, em situações de longos períodos de seca. O mesmo raciocínio vale para a energia gerada por biomassa da cana, que se concentra entre maio e novembro, no período de menor pluviosidade, que acontece junto com o período de safra.

Características das fontes renováveis não despacháveis

O crescente aumento das FRND nas matrizes elétricas de muitos países, incluindo o Brasil, já atinge patamares que impõem desafios técnicos, operacionais e, conseqüentemente, econômicos, à operação dos sistemas elétricos. Isso se deve a algumas características dessas fontes:

Variabilidade. A disponibilidade tanto do vento quanto do sol pode variar de acordo com as condições climatológicas. Como consequência, a possibilidade de contar com a geração eólica ou solar muda ao longo do tempo e de forma muitas vezes abrupta.

Elevado montante de investimento e baixo custo operacional. A energia elétrica gerada pelas fontes eólica e solar desloca o despacho de fontes mais caras (geralmente termoeletricas), o que acaba levando à ociosidade, nos momentos de abundância de renováveis, destas usinas. Por outro lado, nos momentos de escassez das FRND, será preciso contar com a geração mais cara. Como consequência, os custos de geração passam a apresentar uma alta flutuação, o que pode gerar impactos na contabilização dos custos sistêmicos (ou seja, custos resultantes do conjunto da geração, transmissão e distribuição) e na tarifa para o consumidor.

Distribuição desigual no território. Os potenciais eólicos, de irradiação e de biomassa não se encontram homogênea e distribuídos no território nacional. A disponibilidade da energia eólica, ainda que concentrada em regiões específicas do país, tem variado entre essas regiões, o que é positivo para reduzir o impacto geral da variabilidade da matriz.

Modularidade. As plantas de geração solar e eólica têm uma característica modular, ou seja, podem ser instaladas em unidades extremamente pequenas, o que as torna atrativas para a geração distribuída. Isso pode ser positivo porque existe uma possibilidade de reduzir gastos e perdas decorrentes da transmissão. Mas, há desafios atrelados à adequação dos sistemas de distribuição.

Patamares de tensão e ausência de sincronismo. Tradicionalmente, o planejamento da rede de distribuição é feito para acomodar a demanda de maneira ótima, ou seja, os níveis de tensão das redes são ajustados de acordo com uma perspectiva de fluxos médios. Porém, em cenários em que a geração distribuída cresce significativamente, será necessário adequar a rede para que ela ganhe robustez e maior capacidade de “segurar” fluxos de energia em momento de maior e menor abundância e em ambas as direções. Além disso, as FRND não têm capacidade de produzir sincronismo (ou seja, a manutenção da qualidade das ondas elétricas num nível adequado, mantendo o controle da tensão elétrica num regime permanente), exigindo tanto o desenvolvimento tecnológico para adaptação dos equipamentos solares e eólicos quanto uma nova regulação dos serviços ancilares (os quais são outros serviços prestados pelas geradoras de energia para além da geração elétrica em si, que têm, em linhas gerais, a finalidade de garantir a segurança do sistema elétrico).

Alternativas para garantir flexibilidade

A variabilidade natural das FRND, a incerteza quanto à previsão da sua disponibilidade, a sua distribuição desigual no território, a ausência de sincronismo, bem como sua modularidade impõem aos planejadores e operadores dos sistemas elétricos o desafio da flexibilidade. Isso representa a habilidade de um sistema elétrico de responder rapidamente às mudanças entre a oferta e a demanda de energia,

Fontes flexíveis

O que é. As fontes flexíveis congregam três características básicas – são capazes de ajustar a geração em diferentes níveis, têm velocidade na carga em rampa e rapidez no lead time (os quais, em linhas gerais, significam a rapidez de acionamento da geração elétrica). São inflexíveis as usinas térmicas nucleares e à carvão. São flexíveis alguns tipos de usinas térmicas a gás natural. São altamente flexíveis as hidroelétricas.

Desafios. O Brasil já conta com um parque elétrico bastante flexível, muito em função de parte majoritária da capacidade instalada ser composta por usinas hidrelétricas. Porém, com o crescimento da demanda e o esgotamento de áreas disponíveis para novas hidrelétricas, a tendência é que esta fonte perca participação na matriz elétrica brasileira, fazendo com que seja necessário buscar alternativas.

Armazenamento

O que é. Todas as tecnologias que conseguem absorver energia elétrica por um período e depois retornar esta energia para o sistema. O armazenamento pode ser mecânico, eletroquímico, eletrônico e químico.

Desafios. No contexto brasileiro, as hidroelétricas com reservatório têm exercido importante função de armazenamento de energia. Contudo, a expansão da capacidade instalada de hidroeletricidade a partir de usinas a fio d'água, que não dispõem de reservatórios, tem progressivamente reduzido o potencial de armazenamento do sistema nacional. Sem usinas capazes de reservar energia para períodos de inatividade das fontes eólica e solar, fica difícil expandir essas fontes renováveis a todo o país.

Infraestrutura de rede

O que é. No Brasil, o papel da transmissão/distribuição revela-se crucial, seja porque permite ao operador do sistema tirar proveito da complementariedade existente entre as fontes renováveis, seja porque promove o intercâmbio de energia entre as diferentes

garantindo segurança no suprimento de forma custo-efetiva. Isso significa que para garantir a expansão de fontes renováveis no Brasil, é necessário ampliar as opções de fontes flexíveis.

A seguir, apresentamos as principais alternativas de flexibilidade, os desafios existentes para sua adoção no Brasil e as sugestões de enfrentamento apontadas na reunião técnica promovida pelo IEMA em outubro.

Contribuições da reunião técnica. Foram apontadas como opções a serem avaliadas para o contexto brasileiro: (i) maior investimento em térmicas flexíveis. As opções energéticas consideradas foram a biomassa e o gás natural. Para alavancar a primeira, é preciso aprofundar a análise quanto ao seu papel para proporcionar flexibilidade na geração termoelétrica. Quanto ao gás natural, destacou-se a importância de melhorar a integração da regulação do setor de petróleo & gás com a do setor elétrico. (ii) aumento da geração termoelétrica na base, de modo a liberar os reservatórios existentes para servirem à modulação do sistema (ou seja, servindo para gerar energia nos momentos de indisponibilidade das FRND); (iii) revisão da regulação de usinas híbridas (eólica-solar, eólica-biomassa); (iv) aumentar incentivos à geração destinada à ponta (ou seja, nos momentos de pico de demanda por eletricidade).

Contribuições da reunião técnica. Foram apontadas como opções a serem avaliadas para o contexto brasileiro: (i) análise do potencial de adoção das hidroelétricas reversíveis, considerando os aspectos econômicos e socioambientais; (ii) necessidade de se considerar os impactos ambientais das tecnologias de armazenamento como insumo para a tomada de decisão quanto à sua adoção no Brasil; (iii) mapeamento prévio das capacidades de armazenamento dos reservatórios hidroelétricos, bem como dos potenciais impactos socioambientais a eles associados. Isso inclui inserir, nos inventários de bacia, cenários que prevejam reservatórios.

regiões e mercados. Ao fazer isso, ela interconecta os polos de geração, localizados atualmente no Norte (novas hidrelétricas) e Nordeste/Sul (eólicas), aos centros de carga do país, concentrados principalmente na região Sudeste.

Desafios. Acontece que, para além de ser um desafio à integração das FRND ao sistema brasileiro, a transmissão já se configura como um grande gargalo a provocar impactos reais e cotidianos no sistema elétrico. Os problemas hoje já existentes são de vários tipos, podendo-se destacar os atrasos nas obras de interligação entre submercados e dentro destes, os altos custos de investimento e a dificuldade de captação de recursos, etc.

Contribuições da reunião técnica. Foram apontadas como opções a serem avaliadas para o contexto brasileiro: (i) adaptação dos leilões, por exemplo, de modo a integrar a expansão da geração com a da transmissão; (ii) a inserção de atributos locais que permitam tirar melhor proveito da diversidade

Gerenciamento da demanda

O que é. Contempla medidas que buscam reduzir a carga, por meio da maior eficiência energética ou de programas de redução do consumo nos setores industrial, comercial e residencial. Isso inclui também responder mais rapidamente a demanda mesmo diante da variação da oferta de energia. Além, é claro, de assegurar respostas mais rápidas da demanda em função da variação da oferta de energia.

Desafios. No Brasil, a regulação tarifária estabelecida pela ANEEL já traz mecanismos de sinalização econômica ao consumidor com o objetivo de reduzir consumo, como as tarifas brancas. Porém, tais medidas são ainda incipientes. Além disso, pouco se

avançou no país com outras iniciativas nesta área, como as voltadas à eficiência energética.

regional das fontes energéticas, diminuindo o efeito da concentração de empreendimentos de geração em poucos lugares do país e contribuindo para a redução da variância da produção agregada pelo “efeito portfólio”; (iii) inserção de tecnologias auxiliares como sensores, sistemas de transmissão de dados em tempo real, medidores inteligentes, dentre outros, que permitam a operação das redes de transmissão e distribuição de maneira mais inteligente, econômica e que, também, facilite e forneça insumos para o planejamento da expansão; (iv) mapear e avaliar, por meio de estudos e ferramentas, as necessidades dos setores de distribuição e transmissão visto o novo cenário do setor elétrico, que inclui a entrada da geração distribuída, redes inteligentes e possibilidade de armazenamento.

avançou no país com outras iniciativas nesta área, como as voltadas à eficiência energética.

Contribuições da reunião técnica. Foram apontadas como opções a serem avaliadas para o contexto brasileiro: (i) Tarifa horária e mecanismos de estímulo do consumo fora da ponta; (ii) adoção de tecnologias, tais como medidores microprocessadores, inversores de sistemas de autoprodução; (iii) planejamento integrado de recursos, o qual considera a demanda e a oferta no planejamento; (iv) a eficiência energética, um dos assuntos-chave na discussão desse painel, deve ter maior prioridade no planejamento do setor.

Planejamento da expansão e da operação do sistema

O que é. Todas as opções de flexibilidade apontadas demandam planejamento e investimento. Isso representa um duplo desafio ao planejador e ao operador para estruturar o sistema de modo a organizar o investimento e, concomitantemente, gerenciar as diferentes opções de modo a garantir o menor custo operacional possível.

Desafios. O Brasil está entre os poucos sistemas elétricos do mundo mais amigáveis à expansão das FRND. Por isso, pode-se obter maior eficiência econômica ao tirar o melhor proveito da localização e do período de maior abundância de geração elétrica a partir destas fontes. Outra vantagem é o maior incentivo à configuração de uma matriz elétrica apta a reduzir custos sistêmicos e não apenas de geração. Por isso, sob a perspectiva do planejamento e da política pública, é recomendável aumentar a geração por FRND simultaneamente com a implantação de medidas para flexibilizar o sistema elétrico.

Contribuições da reunião técnica. (i) foi dado destaque à necessidade de o Conselho Nacional de

Política Energética ser mais atuante e incorporar a discussão sobre o planejamento e operação do sistema e os caminhos para a integração das FRND; (ii) a discussão sobre inserção de critérios locais no processo de contratação foi ampliada, colocando-se a necessidade de incorporar, no planejamento da expansão da capacidade instalada, restrições socioambientais, técnicas e econômicas das diferentes opções energéticas. (iii) necessidade de tecnologias que permitam melhor previsão solar e de ventos e a decorrente integração entre os diferentes locais de geração e o Operador Nacional do Sistema; (iv) avançar no desenvolvimento e na adequação dos modelos computacionais usados para o planejamento e decorrente operação do sistema bem como a formação de preços; (v) as mudanças que já se operam no sistema elétrico, com destaque para a geração distribuída e a inserção de tecnologias de redes inteligentes, podem representar, no médio e longo prazo, uma completa redefinição da maneira como os mercados de energia brasileiros serão estruturados. Neste sentido, reafirmou-se a

necessidade de análises quantitativas para reforçar e facilitar o processo de transição necessário e um maior planejamento dos diferentes segmentos presentes no setor; (vi) é necessário ainda revisar a

regulação para permitir precificação das reservas operativas. Falou-se também sobre a necessidade de redução de subsídios para todas as diversas fontes.

Conclusões

Para o IEMA, uma das mensagens mais relevantes do evento foi a de que o enfrentamento dos desafios para a integração das FRND e desse cenário de incerteza pressupõe mudanças no modo como o planejamento e a operação do sistema elétrico são conduzidos. E isso significaria, por exemplo:

- aprimorar as ferramentas usadas na tomada de decisão, como os modelos computacionais e os instrumentos de previsão climáticas;
- melhor integrar o planejamento da expansão e da geração com o da transmissão, elemento fundamental para que se tire o melhor proveito das potencialidades regionais das fontes renováveis e também da complementaridade entre eólica e solar. Isso contribuiria para reduzir os impactos negativos da variabilidade. Para tanto, mostra-se necessário aprofundar a avaliação sobre sugestões dadas na Reunião Técnica, dentre as quais a inserção de critérios de localização dessas fontes nos leilões de energia;
- levantar e mapear as reservas operativas do sistema, como, por exemplo, a capacidade de armazenamento dos reservatórios das hidrelétricas e do parque termoelétrico flexível existentes no país;
- inserir, no planejamento da expansão da capacidade instalada, critérios socioambientais que permitam a priorização de projetos de geração com menor impacto socioambiental como as renováveis;

- avaliar com cautela a inserção de térmicas inflexíveis na matriz elétrica, como as térmicas a carvão, lembrando de seu possível impacto futuro, particularmente no que diz respeito aos custos sistêmicos;

- mapear o potencial e medidas possíveis e necessárias para ampliar a eficiência energética e da geração distribuída.

Esses mapeamentos permitiriam avaliar mais claramente os limites do atual sistema e as alternativas de integração o país deve priorizar. Também ofereceriam insumos mais objetivos para uma necessária discussão aberta, transparente e democrática sobre os prós e contras das diferentes opções de integração, incluindo-se aí uma clareza maior sobre impactos socioambientais e econômicos.

Se bem tomadas, as decisões de planejamento e operação fortalecerão as condições ímpares que o país já apresenta para: 1- descarbonizar ainda mais sua matriz elétrica; 2- ampliar e acelerar a integração de fontes renováveis não despacháveis; 3- assegurar que os investimentos necessários em expansão já sejam concebidos e realizados num contexto de maior variabilidade da fonte; 4- reduzir custos sociais e econômicos necessários para transformar o sistema elétrico brasileiro de forma a garantir elevada presença de geração renovável.

O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)

O IEMA é uma organização sem fins lucrativos dedicada a produzir e compartilhar informações para fortalecer políticas públicas com o objetivo de reduzir emissões de poluentes, promover avanços em mobilidade urbana, melhorar a qualidade do ar e reduzir impactos

ambientais da geração de energia elétrica. Por meio da pesquisa, geração e análise de dados com rigor técnico-científico e imparcialidade, oferecemos subsídios para fundamentar decisões políticas estratégicas bem