

A EXPANSÃO DA REDE DE TRANSMISSÃO DECORRENTE DA ATUAL MUDANÇA DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Ana Carolina Aoki Lopes¹
Ana Cláudia Carvalho Barquete²
Drielli Peyerl³
Gilberto Jannuzzi¹

¹*Universidade Estadual de Campinas*

²*Universidade de São Paulo*

³*University of Amsterdam*

DOI: 10.47168/rbe.v30i3.934

RESUMO

O conceito atual de transição energética, de forma mais ampla, é entendido como um processo em que ocorre a substituição das fontes de origem fóssil por fontes renováveis e mais limpas de geração de energia. Dentro deste contexto, a discussão sobre a forma de transmissão da eletricidade gerada e seu armazenamento é relevante para o avanço das iniciativas em prol da transição energética. Dito isto, este trabalho traz uma análise do papel da infraestrutura da rede de transmissão e os impactos gerados por essa na matriz elétrica brasileira. O foco do trabalho concentra-se após a criação e iniciativas do governo brasileiro de oferecer subsídios para o desenvolvimento das fontes renováveis de energia, em especial a eólica e a solar fotovoltaica. Como resultado inicial destacamos a necessidade de investimento na expansão e modernização das redes para: (i) garantir a segurança do escoamento da geração com as fontes energia eólica e solar fotovoltaica na rede elétrica e (ii) conferir flexibilidade e resiliência para a transição energética, mesmo com atual excedente de geração de energia elétrica no Brasil.

Palavras-chave: Transição energética; Transmissão de energia elétrica; Sistema elétrico brasileiro.

ABSTRACT

The current concept of energy transition, in a comprehensive way, is understood as a process in which fossil sources are replaced by renewable and clean energy generation sources. Within this context, the discussion on how to transport the energy produced and its storage is relevant for advancing initiatives in favour of the energy transition. That

said, this work presents an analysis of the role of transmission network infrastructure and the impacts generated by it on the Brazilian electricity matrix. The focus of the work is to discuss the implications of the creation and initiatives of the Brazilian government to offer subsidies for the development of renewable energy sources, especially wind and solar photovoltaic. As an initial result, we highlight the need for investment in the expansion and modernization of networks to: (i) guarantee the safe flow of wind and solar photovoltaic energy sources into the electrical grid and (ii) provide flexibility and resilience for the energy transition, even if today there is a surplus of electricity generation in Brazil.

Keywords: Energy transition; Electric energy transmission; Brazilian electrical system.

1. INTRODUÇÃO

Para alcançar as metas globais de clima e energia até 2040 será necessário a expansão ou substituição de 80 milhões de quilômetros de infraestrutura elétrica, conforme estimado pelo relatório *Electricity Grids and Secure Energy Transitions*, da Agência Internacional de Energia (IEA), o qual enfatiza a importância da ampliação das redes de transmissão e distribuição para possibilitar o crescimento da geração de energia renovável. Destaca-se que essa cifra equivale à extensão total do atual sistema elétrico global. Atrasos nos investimentos em linhas elétricas têm como consequência o aumento das emissões de dióxido de carbono, podendo impactar na desaceleração da transição energética e colocar em risco a meta de limitar o aquecimento global a 1,5°C até 2050. O relatório também destaca uma fila extensa de pelo menos 3.000 GW em projetos de energia renovável aguardando para se integrarem à rede, dos quais 1.500 GW estão em estágio avançado; isso representa cinco vezes a capacidade adicional de energia solar e eólica implementada globalmente em 2022 (IEA, 2023).

De acordo com sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), o Brasil tem demonstrado comprometimento com os objetivos do Acordo de Paris no que tange aos esforços em limitar o aquecimento global a 1,5°C. Uma das contribuições previstas no documento é expandir o uso de fontes renováveis de energia para além da hídrica, não mencionando contribuições específicas da transmissão de energia nesse processo (BRASIL, 2023). No entanto, a EPE planeja a expansão de cerca de 41 mil quilômetros de linhas de transmissão nos próximos 10 anos, o que representa um aumento de 23% da rede existente.

Este trabalho visa analisar o papel da transmissão na transição energética e os impactos da transição energética na transmissão, ocorrida após a criação de subsídios para fontes renováveis de energia e alcance da maturidade tecnológica e regulatória, sem considerar as-

pectos de armazenamento. Primeiramente, concentrou-se na revisão bibliográfica sobre o tema, ou seja, como se constituiu a rede de transmissão de energia elétrica no Brasil. Ao mesmo tempo buscamos artigos, estudos e discussões que tratassem da relação da transmissão e a transição energética. Na sequência realizou-se um levantamento de como novas fontes renováveis de energia foram inseridas e consolidadas na matriz elétrica brasileira, os benefícios e subsídios aplicados ao longo do tempo, e a relação direta com a expansão da rede de transmissão de energia elétrica no país. As referências bibliográficas analisadas apontam a interdependência que podem ter impactos tanto positivos quanto negativos, a depender dos contextos. O principal resultado apresentado é um *framework* acoplado a relação da transição energética com a transmissão de energia elétrica brasileira como sugestão a ser aplicada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Elétrico Brasileiro

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é um sistema hidro-termo-eléctrico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. É formado por uma complexa malha de linhas de transmissão que corre o Brasil e garante o suprimento de energia elétrica em todos os cantos do país. A maior parte do SEB está conectada por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN). É um sistema de coordenação e controle formado por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e maior parte da região Norte.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no SIN, e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Desde 1998 há dissociação da transmissão da geração de energia elétrica e os novos investimentos ocorrem por meios de Leilões com receita assegurada por meio de tarifa própria, o que permite a adequada remuneração dos empreendimentos.

2.2 Aspectos históricos e regulatórios da inserção de fontes renováveis variáveis na matriz elétrica brasileira

No âmbito da Conferência Rio 92, realizada no Brasil, o país estabeleceu estratégias energéticas visando a expansão do uso de fontes renováveis de energia. A partir desse marco, o Brasil passou a canalizar investimentos em fontes alternativas de energia, como bio-

massa, energia solar e eólica. Essa mudança de abordagem reflete um compromisso mais sólido do Brasil com a transição energética e a busca por fontes mais limpas e sustentáveis, alinhadas aos princípios da proteção ambiental e à mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

Durante a crise energética no ano de 2001, causada pela escassez de chuvas associada ao aumento da demanda de energia e à alta dependência das hidrelétricas, o presidente da república Fernando Henrique Cardoso criou a Câmara de Gestão da Crise Energética (GCE), que reuniu diversos setores governamentais, além do elétrico, como da economia e de segurança nacional, para acompanharem a situação de desabastecimento no país e para a tomada conjunta de decisões e adoção de medidas necessárias. Naquele momento, a medida empregada foi o racionamento de energia elétrica, e, desde então, o governo vem pro-movendo medidas que incentivam a utilização de fontes alternativas.

Na década de 2010 o Brasil testemunhou então um notável aumento no uso de fontes renováveis de energia, e esse crescimento é atribuído à inclusão dessas alternativas nos leilões de energia elétrica, que possibilitaram a oportunidade de competir em condições equitativas com outras fontes geradoras. Além disso, aprimoramentos substanciais na eficiência das turbinas eólicas ao longo desse período as tornaram cada vez mais competitivas.

Para que a regulação acompanhasse o avanço das fontes de energia renovável, a ANEEL emitiu as Resoluções Normativas nº 481 e 482/2012 e 687/2015 que permitiram a operacionalização dos incentivos.

Após diversos incentivos, sintetizados na Tabela 1, hoje a energia eólica e solar fotovoltaica estão bem estabelecidas na matriz energética brasileira, são competitivas, e têm significativa participação no atendimento à demanda de energia elétrica.

Tabela 1 – Principais incentivos governamentais para a entrada de energias renováveis no SEB

Nome	Principal objetivo
Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios - PRODEEM	Impulsionar a adoção de fontes renováveis de energia no Brasil através da aplicação de sistemas fotovoltaicos e aerogeradores para prover eletricidade a comunidades remotas desprovidas de acesso à rede elétrica.
Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA - Resolução nº 24/2001	Possibilitar a implantação de 1.050 MW de capacidade eólica instalada até dezembro de 2003, integrada ao Sistema Interligado Nacional
Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) – Lei 10.438/02, Lei 10.762/03, Lei 11.075/04 e Decreto 5.05/04	Estimular a geração de eletricidade por meio de energia eólica, fontes de biomassa, e pequenas centrais hidrelétricas. Estabeleceu as bases para a realização de leilões de energia renovável. Fortaleceu a indústria de turbinas eólicas e seus componentes no país, estipulando uma exigência mínima de nacionalização de 60%.

De acordo com o Relatório de Resultados Consolidados dos Leilões, emitido pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Planilha de Novembro de 2023, o preço médio de venda de energia elétrica trazido a valor presente do primeiro leilão (2º Leilão de Energia de Reserva em 2009) que contou com a participação de usina eólica foi de 335 R\$/MWh, enquanto o último leilão (37º Leilão de Energia Nova em 2022) teve como preço médio de venda 184 R\$/MWh, redução de 45% no valor do preço médio de venda de energia elétrica em 13 anos. Fazendo a mesma comparação para energia solar fotovoltaica, o preço médio de venda de energia trazido a valor presente do primeiro leilão (6º Leilão de Energia de Reserva em 2014) que contou com a participação de usina solar fotovoltaica foi de 349 R\$/MWh, enquanto em 2022, no 37º Leilão de Energia Nova, o preço médio de venda foi 180 R\$/MWh, redução de 49% no valor do preço médio de venda em oito anos. Neste mesmo leilão o preço médio de venda de fonte hidrelétrica foi de 292 R\$/MWh, mais de 50% acima do preço das fontes eólica e solar (CCEE, 2023).

De forma a acompanhar e permitir o escoamento da eletricidade gerada, foi necessária a ampliação da rede de transmissão existente. De acordo com o Relatório de Resultados dos leilões de transmissão da ANEEL, entre 2009 e 2022 foram licitados, em 35 leilões, 70 mil km de linhas de transmissão e um potencial de transformação de 176 mil MVA, representando um investimento atualizado estimado de R\$ 250,77 bilhões (ANEEL, 2024).

Como a geração de eletricidade por fonte eólica e solar atingiram sua maturidade e ficaram competitivas frente às fontes mais tradicionais, em 02 março de 2021 a Medida Provisória nº 998/2020 foi convertida na Lei nº 14.120, que trata da extinção dos subsídios às fontes incentivadas de geração de energia elétrica, entre outras providências. O desconto previamente estabelecido de 50% a 100% na TUSD/TUST, conforme os parágrafos 1º, 1º-A e 1º-B do Artigo 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, aplicável a empreendimentos de energia renovável e cogeração qualificada, seria concedido exclusivamente a empreendimentos que solicitassem a outorga dentro do prazo de 12 meses a partir da publicação da Lei nº 14.120/2021 (ou seja, até 02 de março de 2022) e iniciassem a operação das suas unidades geradoras dentro de 48 meses a contar da data de publicação da outorga.

Como consequência da definição do prazo para extinção do subsídio, foi iniciada a chamada “Corrida do Ouro”. Empreendedores de geração de energia tiveram que acelerar seus planos de investimento para obtenção da outorga e posteriormente garantir conexão ao sistema de transmissão para escoamento da energia elétrica gerada.

Para atender a demanda da “Corrida do Ouro”, entre junho de 2023 e março de 2024 - foram realizados três Leilões que permitiram a licitação de instalações de transmissão em um pacote de investimentos

de aproximadamente 56 bilhões de reais (ANEEL, 2024).

2.3 Transição Energética - ênfase na matriz elétrica e expansão da transmissão

As transições energéticas são processos de substituição ou adição dos recursos energéticos e vêm acontecendo ao longo da história, seja por inovação tecnológica e eficiência, economicidade, escassez, descoberta de recursos ou por questões ambientais, estas destacadas nas últimas décadas por conta das mudanças climáticas.

Para atender essa necessidade atual, dentre as possibilidades, discute-se uma transição energética baseada em descarbonização, digitalização, descentralização, diminuição do consumo, e democratização (MENEGHINI, 2022).

No cenário mundial, o Brasil se destaca na produção e consumo de energia de fontes renováveis consideradas limpas. Ao observar apenas o setor elétrico este destaque é ainda maior (IEA et al., 2023). Com a previsão de significativa expansão da geração eólica e solar fotovoltaica nos próximos anos, apontada no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) de 2023, é impreterível preparar o sistema de transmissão para que essas instalações possam de fato contribuir para a segurança energética do SIN e para a competição na oferta de geração de energia elétrica (EPE, 2023).

Outro ponto que deve ser considerado é a implantação do parque eólico *offshore*, principalmente considerando o montante de eletricidade gerada que o SIN deverá receber dessa fonte. Dependendo do horizonte em que esses empreendimentos serão implantados, o planejamento da transmissão pode ser afetado e, assim como ocorre no *onshore*, a falta de infraestrutura de transmissão pode afetar o escoamento de geração desses empreendimentos (EPE, 2022).

A natureza intermitente e sazonal das fontes renováveis pode impactar na segurança energética (RIBAS & SIMÕES, 2020; KOECKLIN et al., 2021), sendo a expansão da transmissão um aspecto importante para a resiliência energética do país. Um exemplo recente, quando houve um blecaute que afetou principalmente a região Nordeste do Brasil, em agosto de 2023, e a causa apontada pelo ONS foi a falha de desempenho de equipamentos de parques eólicos e solares, foi possível isolar eletricamente a região do restante do país e não propagar o problema pela característica interligada do sistema (ONS, 2023b). Dito isso, a expansão deve prover a integração segura de geração prospectiva projetada e proporcionar atendimento à demanda do SIN de forma segura em diversos cenários operacionais (Mello, 2023).

Este planejamento da expansão da transmissão ocorre principalmente na interligação com o Nordeste onde há uma alta concentração de fontes renováveis de custo operacional baixo com tendência de

expansão. Enquanto isso as regiões Sul e Sudeste possuem maior concentração de usinas hidrelétricas e termelétricas de grande porte, o que representa reserva operativa, inércia girante e potência de curto-circuito. Esta combinação torna necessária uma forte interligação entre as regiões, para que a operação possa otimizar todos os recursos disponíveis nos diferentes subsistemas (MELLO, 2023).

Sistemas de corrente contínua de alta voltagem provavelmente desempenharão um papel importante no suporte à transmissão em longas distâncias (IEA, 2021). No Brasil isso também pode ser percebido pelos empreendimentos que vêm sendo licitados, como a LT ± 800 kV em corrente contínua Graça Aranha-Silvânia, o futuro bipolo interligando o Rio Grande do Norte à região Sul. Soma-se à isso a expansão em corrente alternada em que dos 37.448 novos km de linhas de transmissão que entrarão em operação até 2027, 26.995 km serão em 500/525 kV (ONS, 2023a; FALCÃO; TARANTO, 2023).

Na perspectiva europeia, a extensão do sistema de transmissão deverá aumentar em quatro vezes para um sistema baseado em energia eólica e solar. Se por um lado há a possibilidade de otimização das redes de transmissão e distribuição com a ampla implantação de redes elétricas inteligentes e a flexibilidade do lado da demanda, por outro, desequilíbrios entre a distribuição espacial da produção e da demanda terão impactos nas necessidades das redes de transmissão e distribuição, sendo que uma rede de transmissão robusta permite flexibilidade de operação dos sistemas de energia (NIELSEN et al., 2023).

Além da inserção de recursos energéticos renováveis, o avanço da tecnologia digital melhora a eficiência energética por meio da instalação de medidores digitais, *internet* das coisas e implementação da gestão pelo lado da demanda (PEYERL et al., 2023), sendo a digitalização um pilar da transição que precisa ser destacado. Mesmo que sua ampla aplicação no nosso contexto esteja em um horizonte mais distante, esta é uma mudança que afeta-rá profundamente o mercado de energia e a sua relação com os consumidores (PEYERL et al., 2023). Com um grande aumento no uso de dispositivos conectados, a digitalização de ativos de rede para suportar operações de rede mais flexíveis e precisas, melhorando o gerenciamento de energias renováveis variáveis e uma resposta mais eficiente à demanda são peças fundamentais para a transição energética (IEA, 2021; NIELSEN et al., 2023) que conferem, inclusive, reflexos e necessidade de uma rede de transmissão de energia elétrica interligada para operar de forma eficiente.

Ao longo da história, as usinas convencionais foram devidamente planejadas e instaladas em locais apropriados para enfrentar condições de operação previsíveis em certo grau, mas a alta penetração de fontes renováveis provavelmente levará a padrões de demanda

e geração não planejados, com previsão mais desafiadora, o que pode sobrecarregar a rede de transmissão principalmente em áreas onde o suporte de potência reativa é escasso (CAPITANESCU, 2021).

O crescimento não uniforme e por vezes descoordenado afeta as necessidades de transmissão (NIELSEN et al., 2023). A entrada em operação de linhas de transmissão de-manda prazos extensos para o planejamento, licitação, licenciamento, construção e implantação, que podem chegar a sete anos, enquanto a geração renovável tem cronograma relativamente inferior, em média dois a três anos. Por isso o planejamento da transmissão vem se antecipando para evitar descompasso entre expansão da geração e expansão da transmissão que acarretam restrições elétricas (CABRAL et al., 2022; MELLO, 2023).

Em 2023, 88,3% da matriz elétrica brasileira era renovável e 51,2% da geração proveniente de hidrelétricas. Uma reflexão importante é que os impactos negativos das mudanças climáticas decorrentes das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera podem desencadear secas, estiagens e conseqüentemente impacto nos regimes hidrológicos. Essa real possibilidade é considerada pelo planejamento no que diz respeito à mitigação e resiliência no enfrentamento das alterações climáticas e na segurança energética do país (ONS, 2023a). Assim, para o SEB, investir nas fontes renováveis solar fotovoltaica e eólica representa mais que descarbonização, mas também segurança energética frente às mudanças climáticas e cenários de escassez hídrica (BRASIL, 2023).

Por fim, a necessidade de encarar as mudanças climáticas e ao mesmo tempo garantir a segurança energética, importante para a soberania dos países e para as políticas de planejamento à longo prazo, transforma o setor elétrico, levando a uma mudança do sistema convencional de geração de energia elétrica centralizado para o uso crescente de fontes renováveis, como eólica e solar, mais dispersas e distribuídas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As redes elétricas de transmissão permitem a integração de todas as fontes de geração de energia elétrica, o que confere flexibilidade para equilibrar a demanda e o fornecimento, principalmente em territórios extensos, como o do Brasil (IEA, 2021). Assim, é possível dizer, que a transmissão de energia elétrica e a transição energética estão correlacionados e precisam ser trabalhados conjuntamente.

Com base nas referências consultadas foi possível construir o *framework* apresentado na Figura 1, sintetizando a relação entre a transição energética e a transmissão de energia elétrica. Para isso foram considerados quatro aspectos da transição energética: descentralização e descarbonização, diminuição do consumo e digitalização.

A necessidade de transição energética para fontes de baixo carbono se dá com as mudanças climáticas, e dentro de diversos contextos esta necessidade pode ser identificada como meio de emitir menos GEE (mitigação), para se preparar para eventos de escassez de recursos (adaptação) ou mesmo para enfrentar eventos climáticos extremos, como o ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024 (resiliência).

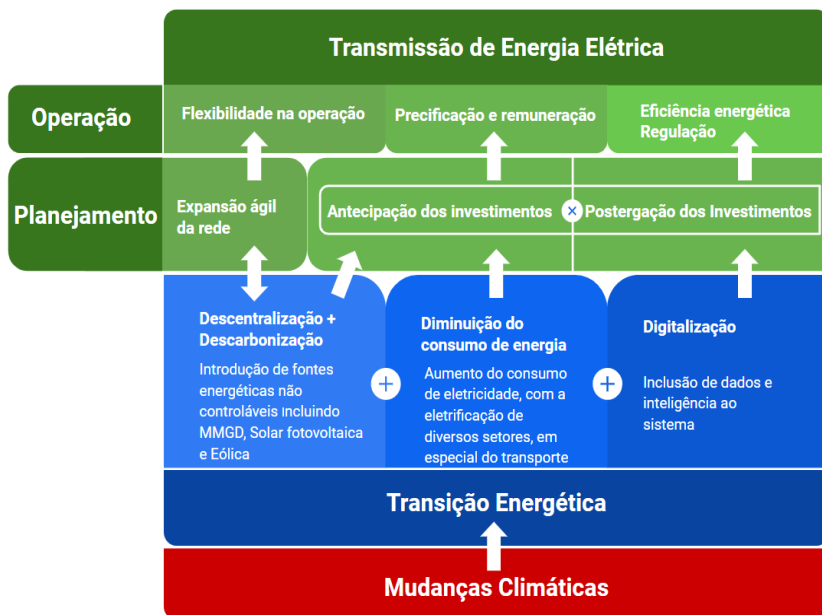


Figura 1 - *Framework* da relação transição energética e transmissão de energia elétrica

Os aspectos de descentralização e descarbonização estão associadas à inserção de fontes renováveis intermitentes, como solar fotovoltaica e eólica, e isso demanda que o planejamento da transmissão atue de forma ágil e antecipada para prover o escoamento da eletricidade gerada, uma vez que a construção de linhas de transmissão leva mais tempo que a implantação da geração. Para que essa geração avance e atenda da melhor forma possível a demanda por eletricidade é necessário que as redes de transmissão estejam preparadas, sendo uma via de mão dupla: a rede precisa se preparar para conectar as fontes renováveis e o mercado precisa induzir os negócios para que o planejamento prepare a rede. A metodologia adotada pela EPE, de *clusters*, permite preparar a infraestrutura de transmissão para receber os empreendimentos de geração, retroalimentando o mercado.

Ao mesmo tempo, a inserção de micro e minigeração distribuí-

da (MMGD) pode desempenhar papel ambíguo, ora postergando a necessidade de investimentos, pela característica da carga estar no local de consumo, ora pela necessidade de ampliar ainda mais os investimentos para escoar o excedente.

A transição energética com maior eficiência, de forma geral, impacta especificamente o setor elétrico, pois implica principalmente a eletrificação do setor de transporte, além de outros usos para a energia elétrica gerada, como a produção de hidrogênio. Isso implica, a depender do contexto, necessidade de antecipar investimentos em infraestrutura de transmissão, ou postergá-las. Desta forma, é importante perceber que as soluções para os combustíveis têm um papel crucial na descarbonização, bem como a expectativa de intensa eletrificação do setor de transporte. Segundo a IEA (2021), no cenário mundial de Neutralidade de Emissões 2050 (NZE) a adição de energia solar fotovoltaica e eólica deve quadruplicar até 2030, a venda de carros elétricos será 18 vezes maior, e a intensidade energética deve diminuir 4% ao ano, dada a maior eficiência energética esperada.

Os aspectos de digitalização também podem postergar a necessidade de investimentos em infraestrutura de transmissão, pois com a resposta à demanda melhor estabelecida é possível ganhos de eficiência energética, que com a expansão da MMGD e medidores digitais bidirecionais, pode promover um atendimento eficiente a depender da qualidade da interligação entre as fontes geradoras e os consumidores de energia elétrica.

4. CONCLUSÃO

Desde o início dos anos de 1990, com as estratégias energéticas estabelecidas na Conferência Rio 92, o Brasil tem investido fortemente no desenvolvimento da diversificação e ampliação de fontes renováveis na matriz energética brasileira. O país estruturou uma matriz elétrica limpa pelas condições de disponibilidade dos recursos, e tem neste marco um compromisso com a transição energética por necessidade, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis para geração de energia elétrica. Os últimos leilões de energia comprovaram que gerar energia elétrica a partir de fontes eólicas e solar fotovoltaica já é mais vantajosa do que a tradicional fonte hídrica. Porém, é necessário garantir o escoamento da eletricidade gerada ao longo de um país com extensões continentais, como o Brasil, isso só sendo possível com investimento em redes de transmissão de forma ágil e ordenada, que vem sendo planejado e implementado de forma intensiva.

O *framework* elaborado neste trabalho pode ser uma ferramenta inicial para a discussão de inserção de temas que englobam a transição energética, devendo ser aprofundado e inserido nessa dinâmica dentro do SEB. Esta análise ainda poderia ser expandida nos

aspectos de armazenamento, que compõem a transição energética, e como baterias e hidro-gênio podem trazer impactos para o planejamento e operação da transmissão de energia elétrica.

A transição energética traz muitos desafios, mas também oportunidades para o Brasil. Com excedente energético no Nordeste praticamente o ano todo, acrescido da MMDG que está em constante expansão em todo o país, há um cenário de complexidade para a operação, sendo a robustez do sistema um avanço necessário para atender a geração e as oportunidades, como hidrogênio verde e expansão intensa da frota eletrificada em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). 2024. Resultados dos leilões de transmissão. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/resultadosLeiloes/leiloesTransmissao> Acesso em: 30/05/2024.

BRASIL. Contribuição Nacionalmente Determinada - Nationally Determined Contribution (iNDC). 2023.

CABRAL, R. R.; TEIXEIRA, T. P.; RIZZOTTO, T. C. Empresa de Pesquisa Energética. Estimacão De Pontos De Conexão Para Novas Soluoes De Transmissão No Contexto Do Planejamento Da Expansão Considerando Incertezas Grupos de estudo de planejamento de sistemas elétricos. XXVI Seminário Nacional de Produo e Transmissão de Energia Elétrica. Rio de Janeiro/RJ, 2022.

CAPITANESCU, F. (2021). Evaluating reactive power reserves scarcity during the energy transition toward 100% renewable supply. *Electric Power Systems Research* 190 (2021) 106672 <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106672>

CCEE, Acervo CCEE, 2023. Relatório de Resultados Consolidados dos Leilões. Novem-bro de 2023. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/acervo-ccee?especie=38753&assunto=39056&keyword=consolidado&periodo=1825> Acesso em 23/11/2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). 2022. Roadmap Eólica Offshore Bra-sil: Perspectiva e caminhos para a energia eólica marítima. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf Acesso em: 05/06/2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). 2023. Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Cadernos PDE 2032. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/pde-2032/cadernos>. Acesso em: 30/10/2023.

FALCÃO, D.; TARANTO, G. (COPPE/UFRJ) (2023) - Impacto da conexão de geração eólica e fotovoltaica em larga escala no sistema interligado brasileiro Workshop “Desafios para o planejamento e operação do sistema frente ao aumento da participação de fontes intermitentes” reúne, nos dias 31/10 e 01/11 de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QfnDgivDaKY&t=3206s>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. Paris: 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Electricity Grids and Secure Energy Transitions Paris: 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); International Renewable Energy Agency (IRENA); United Nations Statistics Division (UNSD); World Bank; World Health Organization (WHO). Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2023. Paris: IEA, 2023.

KOECKLIN, M. T.; LONGORIA, G.; FITIWI, D. Z.; DECAROLIS, J. F.; CURTIS, J. (2021). Public acceptance of renewable electricity generation and transmission network developments: Insights from Ireland Energy Policy 151 (2021) 112185 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112185>

MELLO, R. (STE/EPE) (2023). Os Desafios do Planejamento da Expansão do SIN Frente a Cenários de Alta Penetração de Renováveis e Resposta da Demanda. Workshop “Desafios para o planejamento e operação do sistema frente ao aumento da participação de fontes intermitentes” reúne, nos dias 31/10 e 01/11 de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QfnDgivDaKY&t=3206s>

MENEZHINI, J. R. Energy Transition in Brazil: Foreword. Cham: Springer, 2023.

NIELSEN, S, ØSTERGAARD, Poul Alberg, SPERLING, Karl. Renewable energy transition, transmission system impacts and regional development – a mismatch between national planning and local development Energy 278 (2023) 127925 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127925>.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA (ONS) 2023a. O Sistema em números. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros> Acesso em: 01/11/2023.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA (ONS) 2023b. Integração de Novas Instalações: Relatório de Análise de Perturbação (RAP) RAP-ONS 00012/2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/RAP%202023.08.15%2008h030min%20vers%c3%a3o%20final.pdf> Acesso em: 06/12/2023.

PEYERL, D.; RELVA, S.; DA SILVA, V. Energy Transition in Brazil. Cham: Springer, 2023. RIBAS, V. E.; SIMÕES, A.F. (IN)Justiça Energética: Definição conceitual, Parâmetros e Aplicabilidade no Caso do Brasil. Revista Brasileira de Energia, v.26, n. 4. 2020. DOI: 10.47168/rbe.v26i4.580. Disponível em: <https://doi.org/10.47168/rbe.v26i4.580> acesso em: 28/01/2025.

RIBAS, V. E.; SIMÕES, A.F. (IN)Justiça Energética: Definição conceitual, Parâmetros e Aplicabilidade no Caso do Brasil. Revista Brasileira de Energia, v.26, n. 4. 2020. DOI: 10.47168/rbe.v26i4.580. Disponível em: <https://doi.org/10.47168/rbe.v26i4.580> acesso em: 28/01/2025.