

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Lucas Madruga Bezerra da Silva¹, Anna Luisa Ferreira Cardeal¹, Arthur Nascimento Passos¹, Enzo Borges¹, Maria Rita Pereira Reberte¹ e Naiara Lima Costa¹

¹Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana- SP,
Brasil (lucas.madruga@unesp.br)

Resumo: A diversificação da matriz elétrica brasileira e a necessidade de compreender os efeitos das políticas públicas voltadas aos compromissos da Agenda 2030, especialmente quanto ao acesso à energia limpa e acessível, destacam a relevância da estatística descritiva para o desenvolvimento da compreensão do setor energético. Nesse contexto, este trabalho analisa a evolução da matriz elétrica brasileira com base em dados abertos do Operador Nacional do Sistema (ONS), explorando seu potencial como recurso para o ensino de Estatística. O estudo é parte do resultado da disciplina de Estatística e Probabilidade do curso de Engenharia de Energia.

Palavras-chave: Hidrelétrica; Eólica; Fotovoltaica; Térmica; Biomassa.

INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro, que historicamente dependente de recursos hídricos, enfrentou uma crise energética em 2001, o "apagão", devido à limitação na geração por hidrelétricas, causada pela baixa disponibilidade de recursos hídricos (baixo regime de chuvas), o que expôs a vulnerabilidade da matriz elétrica (Lopes, 2015). Essa situação resultou no racionamento de eletricidade, forçando uma reestruturação regulatória e a introdução de novas fontes de energia de maneira complementar. Em resposta à necessidade de diversificação da matriz e de garantia de segurança no abastecimento, o Governo Federal instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), estabelecido pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 (Brasil, 2002; Nunes *et al.*, 2024).

O PROINFA foi concebido com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas como eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e biomassa no Sistema Interligado Nacional (SIN). Além da segurança energética, o programa tinha como princípios promover o desenvolvimento econômico, a eficiência energética e o bem-estar social, pilares do desenvolvimento sustentável. O Programa também buscava valorizar as características e potencialidades regionais e locais, fomentar a criação de empregos e a capacitação de mão-de-obra, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Cardozo, 2024).

O programa encerrou sua fase de contratação em 30 de dezembro de 2011 (Cardozo, 2024). Entre suas contribuições cumpriu um papel estratégico ao

introduzir fontes limpas e descentralizadas na matriz brasileira. O programa adicionou um total de 2.975,10 MW ao SIN, por meio de 131 empreendimentos (52 usinas eólicas, 60 PCHs e 19 termelétricas a biomassa) (Brasil, 2023). Em termos de energia gerada, o PROINFA contribuiu com aproximadamente 135,9 milhões de MW/h até o final de 2022 e 11.203.485 MWh de Energia Contratada em 2025 (ENBPar, 2025; Cardozo, 2024).

Em virtude da desestatização da Eletrobras (Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021), a gestão do PROINFA foi oficialmente transferida para a Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A. (ENBPar) a partir de 1º de junho de 2023 (Brasil, 2021).

Diante disso e considerando a trajetória da matriz elétrica brasileira e os esforços regulatórios, como o PROINFA, para promover a diversificação e a segurança energética, torna-se essencial avaliar a evolução da participação das energias renováveis ao longo das últimas décadas.

A análise da evolução das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira permite compreender os avanços obtidos ao longo do tempo, identificar possíveis tendências de expansão e apontar os desafios associados ao desenvolvimento futuro do setor, tais como o gerenciamento da intermitência das novas fontes de geração do SIN. Nesse contexto, este estudo propõe a utilização de técnicas de estatística descritiva e análise de dados aplicadas às bases de dados abertas disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), como ferramenta para a avaliação e interpretação desse cenário.



MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos diretamente do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a partir da base “Capacidade Instalada de Geração”, baixada em 18 de setembro de 2025 através do link: <https://dados.ons.org.br/dataset/capacidade-geracao>.

O conjunto reúne informações sobre as usinas de geração de energia elétrica monitoradas pelo órgão em todo o território nacional. A planilha refere-se ao dia operativo do Sistema Interligado Nacional (SIN). Apesar disso, todas as usinas em operação no dia corrente carregam como informação a data de entrada no sistema (dia e ano). E, por isso, essa foi a informação extraída da planilha. Nesse âmbito, é essencial destacar que, por se tratar do dia operativo, nem todas as usinas estão contabilizadas.

A base de dados foi escolhida por se tratar de dados abertos amplamente utilizados em estudos sobre o setor elétrico brasileiro, dado que são informações reais e atualizados. Além disso, os dados possibilitam aplicar técnicas de estatística, previamente vistas, bem como a análise e visualização de informações que incorporam discussões importantes acerca da área.

Para a análise, foram selecionadas apenas as datas de entrada de operação das usinas renováveis. O dataset fornecido pelo ONS classifica as usinas de geração por diferentes tipos de modalidades de operação.

O tratamento dos dados seguiu por etapas de filtragem por fonte de energia, para a seleção exclusiva das usinas classificadas como fontes de energia renováveis. Para isso, foram utilizados filtros que classificavam as usinas com base no seu Tipo de combustível, como “Hidráulica”, “Eólica”, “Fotovoltaica”, e, para a “Térmica”, foi utilizado os combustíveis “Biomassa” e “Resíduos”. Após a filtragem, os dados foram processados para remoção de duplicatas, e organizados em tabelas para facilitar a análise. Em seguida foram obtidos os gráficos para quantificar a série histórica: entrada da operação por tipo de fonte a cada ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística tem como objetivo examinar a distribuição das usinas de geração de energia elétrica no Brasil, considerando a predominância e a participação das diferentes fontes renováveis. Os dados foram organizados por tipo de usina ao longo da série histórica. Nas figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentadas a quantidade de usinas inseridas no sistema elétrico por ano, considerando as usinas hidrelétricas, eólicas, fotovoltaicas e térmicas a biomassa e resíduos, respectivamente.

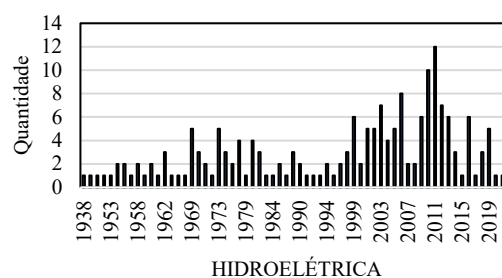


Figura 1. Participação da fonte hídrica na matriz elétrica brasileira

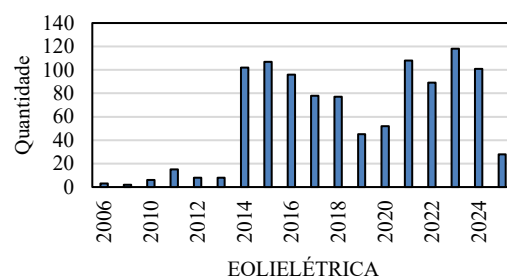


Figura 2. Participação da fonte eólica na matriz elétrica brasileira

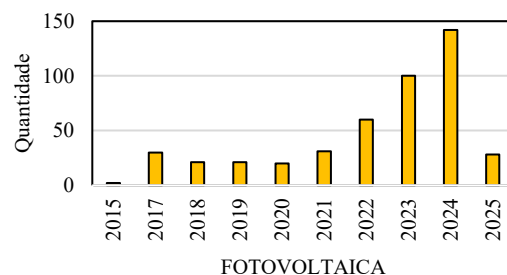


Figura 3. Participação da fonte fotovoltaica na matriz elétrica brasileira

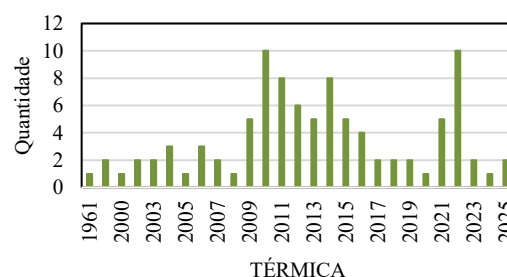


Figura 4. Participação da fonte térmica na matriz elétrica brasileira

A análise quantitativa dos dados oficiais permitiu compreender a evolução estrutural da matriz elétrica brasileira entre 1936 e 2025, revelando a consolidação das energias renováveis e a manutenção da hegemonia hidroenergética. Os resultados evidenciam aspectos



centrais que caracterizam a composição atual da matriz e sua dinâmica.

O primeiro resultado relevante consiste na permanência da hidroeletricidade como fonte predominante. Além disso, em termos de potência efetiva instalada, a fonte tem o maior destaque nacional. Ao longo de todo o período analisado, a fonte apresenta a inserção de usinas geradoras na matriz elétrica brasileira, principalmente entre a década de 1990 e 2010. Esse dado confirma o papel histórico da energia hidráulica como alicerce da segurança energética nacional (EPE, 2023).

Além disso, verificou-se que a energia eólica se consolidou como a segunda principal fonte elétrica do país (EPE, 2024). Esse avanço decorre tanto das condições naturais favoráveis do Nordeste e, em menor quantidade, da região Sul, quanto em função das políticas públicas de incentivo, especialmente o PROINFA, responsável por estruturar a primeira fase de expansão da fonte no país (Nunes *et al.*, 2024; Cardozo, 2024). A expansão da fonte eólica data a partir de 2014 e a insere como uma fonte complementar na matriz brasileira, tornando o sistema brasileiro hidrotérmico-eólico (EPE, 2020).

Nesse âmbito, a região Nordeste contabiliza mais de 900 usinas eólicas, constituindo-se como o principal polo nacional dessa tecnologia. Nesse contexto, o PROINFA foi particularmente bem-sucedido em relação à fonte eólica, que era praticamente inexistente antes de sua criação. Considera-se que a política foi fundamental para a consolidação e competitividade do setor (Cardozo, 2024). Assim, o crescimento da capacidade eólica, marginal antes de 2004, demonstrou que o arcabouço institucional foi bem-sucedido em estimular o investimento privado, levando a fonte a se consolidar e a se tornar altamente competitiva nos leilões subsequentes. A maior parte dos projetos de geração eólica implantados no país, especialmente nos últimos anos, foi conduzida pelo setor privado com 67,2% dos empreendimentos (Diniz, 2018).

A energia solar fotovoltaica também apresentou crescimento expressivo, principalmente na última década. O Sudeste emerge como o maior centro de expansão dessa fonte, resultado atribuído ao avanço da geração distribuída e ao aumento da competitividade tecnológica, conforme discutido por Tolmasquim (2016). O estado de Minas Gerais, por exemplo, é um destaque no setor. A consolidação da geração fotovoltaica demonstra uma diversificação progressiva da matriz, compatível com as tendências internacionais de transição energética (IEA, 2024).

Em menor proporção, aparecem as usinas térmicas, geralmente associadas a sistemas de cogeração industrial e são utilizadas para garantir estabilidade energética em momentos de maior demanda (Carpio e

Guimarães, 2024). Nesse contexto, além das térmicas movidas a combustível fóssil, a entrada das térmicas movidas a combustíveis renováveis auxilia na redução da dependência por fontes mais poluentes.

De forma geral, os resultados demonstram que, embora a matriz brasileira continue profundamente ancorada na geração hidrelétrica, há um movimento claro de diversificação e fortalecimento das renováveis.

Por último, apresenta-se a tabela 1, onde são apresentadas as usinas por modalidade.

Tabela 1. Modalidade de operação das usinas renováveis brasileiras.

Tipo de usina	Modalidade	Quantidade
Eólica	Tipo II	7
	Tipo II-B	4
	Tipo II-C	1032
Fotovoltaica	Tipo II-B	4
	Tipo II-C	451
Hidroeétrica	Tipo I	153
	Tipo II-A	7
	Tipo II-B	2
	Tipo II-C	23
Térmica	Tipo I	26
	Tipo II-A	7
	Tipo II-B	26
	Tipo II-C	37

A tabela 1 reforça que grandes hidrelétricas continuam sendo o ponto central da operação do sistema. Apesar disso, houve uma expansão significativa de usinas eólicas e solares, que estabelecem-se em grande número, mas geralmente enquadradas como Tipo II-C que, de acordo com o ONS, “embora individualmente não impactam a operação do SIN, mas quando analisadas em conjunto com outras usinas que compartilham o mesmo ponto de conexão, totalizam uma injeção de potência significativa em uma determinada subestação do SIN”.

CONCLUSÃO

Através da análise de entrada por tipo de fonte renovável no sistema elétrico brasileiro, observa-se que a matriz elétrica se tornou mais resiliente, diversificada e alinhada às diretrizes globais de sustentabilidade. Além disso, a expansão acelerada das fontes eólica e solar contribui diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa,



conforme defendido por organismos internacionais (IEA, 2024).

Conclui-se que políticas públicas consistentes, como o PROINFA, foram fundamentais para viabilizar a inserção das renováveis modernas, e sua continuidade será decisiva para o avanço da transição energética.

Apesar disso, persistem desafios, como a intermitência das novas renováveis, a necessidade de expansão das redes de transmissão, a pressão ambiental sobre áreas sensíveis e a definição regulatória sobre a prorrogação dos contratos do PROINFA (ENBPar, 2025; EPE, 2020).

Conclui-se que, o Brasil mantém condições naturais, tecnológicas e institucionais para liderar globalmente a transição para uma matriz elétrica de baixo carbono. Dessa forma, a evolução observada entre 1936 e 2025 representa não apenas uma adaptação às crises energéticas e às demandas regulatórias, mas um caminho estratégico de modernização que consolida o país como referência internacional em energia renovável

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia e Ciências – UNESP – Rosana.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica e dá outras. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 abr. 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm. Acesso em: 5 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021. Dispõe sobre a desestatização da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jul. 2021.

BRASIL. Relatório de Avaliação Subsídio à Termoeletricidade. Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2023/avaliacoes-conduzidas-pelo-cmas/relatorio_avaliacao_termoeletricidade_atualizacao.pdf/@@display-file/file. Acesso em: 12 jun. 2026.

CARDOZO, L. S. Análise do impacto das políticas de incentivo à geração de energia renovável: Estudo de caso do PROINFA. 2024. 35 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024. DOI:10.11606/003230082

CARPIO, L. G. T.; GUIMARÃES, F. A. C. Regional diversification of hydropower, wind, and solar resources in Brazil. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014812401334X>. Acesso em: 12 nov. 2025.

DINIZ, T. B. Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da nova economia das instituições. Planejamento e Políticas Públicas, Brasília, n. 50, p. 233-255, jan./jun. 2018.

ENBPAR. Plano Anual do Proinfa de 2025 (PAP 2025). Brasília: ENBPar, 2025. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2023. Rio de Janeiro:

EPE - Empresa de Pesquisa Energética – EPE. PDE 2034: Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030>. Acesso em: 12 jun. 2026.

EPE, 2023. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Brazilian Energy Balance – Summary Report 2024. Brasília:

EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEB_Summary_Report_2024.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 12 jun. 2026.

IEA – International Energy Agency. World Energy Outlook 2024. Paris: IEA, 2024.

NUNES, A. M. M. et al. Impact assessment of public policies in the municipalities covered by the Brazilian Incentive program for alternative electricity sources (PROINFA). Renewable Energy, v. 235, 2024.

ONS - Operador nacional do sistema elétrico. Submódulo 26.2 Critérios para classificação da modalidade de operação de usinas. Disponível em: [ONS.org.br/%2FMPO%2FDocumentoNormativo%2F2](https://ons.org.br/%2FMPO%2FDocumentoNormativo%2F2). Cadastros de Informações



Operacionais - SM 5.11%2F2.3. Cadastros de
Informações Operacionais Hidráulicas%2FCD-
OR.PR.PAR_Rev.86.pdf>.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Geração
Distribuída e Eficiência Energética no Brasil. Rio
de Janeiro: Elsevier, 2016.