

AVANÇOS E DESAFIOS NA ENERGIA EÓLICA EM QUATRO POTÊNCIAS GLOBAIS – ESTADOS UNIDOS, ALEMANHA, REINO UNIDO E BRASIL

Izabela Gorgulho Silva Ferreira¹ (IC), Rogério José da Silva¹ (PQ)

¹ Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Energia eólica, Geração de energia, Comparativo, Energia renovável

Introdução

A energia eólica desempenha um papel fundamental na matriz energética mundial, desencadeando uma série de avanços significativos em vários países. Neste contexto, é crucial analisar como os Estados Unidos, a Alemanha, o Reino Unido e o Brasil estão contribuindo para o setor energético, promovendo um desenvolvimento sustentável, reduzindo as emissões de carbono e impulsionando a transição para fontes de energia renováveis limpas.

Os Estados Unidos possuem uma capacidade instalada em geração eólica de aproximadamente 150,1 GW, além de mais de 107,4 GW em energia solar (U.S. EIA, 2024). As principais fontes de geração de energia no país incluem gás natural, carvão, energia nuclear e geração hidrelétrica. Nos últimos anos, a capacidade instalada em geração solar e eólica tem sido impulsionada por programas de incentivo à geração por fontes renováveis (Brown et al., 2023).

A Alemanha se destaca na transição energética europeia, conhecida como "Energiewende". Com uma robusta tradição em energia eólica, o país tem sido proativo na expansão da capacidade eólica tanto onshore quanto offshore. A capacidade instalada total supera 71,4 GW (Energy Charts, 2024). Com metas ambiciosas de redução de emissões e a eliminação de usinas nucleares, a Alemanha tem investido em inovação e infraestrutura para tornar a energia eólica ainda mais significativa em sua matriz energética (Schmidt et al., 2023).

O Reino Unido demonstrou um forte compromisso com a energia eólica, especialmente offshore, possuindo uma capacidade instalada de 28 GW, dividida igualmente entre 14 GW onshore e 14 GW offshore (Energy UK, 2023). Os contratos de diferença (CfDs) têm sido instrumentos importantes para atrair investidores e garantir a viabilidade econômica dos projetos. O Reino Unido também está trabalhando para alcançar metas ambiciosas de redução de emissões, o que impulsiona ainda mais os avanços na energia eólica (Jones et al., 2023).

No Brasil, a energia eólica tem experimentado um crescimento notável, especialmente nos últimos anos,

com uma capacidade instalada de 32 GW (ABEEólica, 2024). O país possui um vasto potencial eólico, especialmente na região nordeste, com ventos favoráveis para a geração de energia. Parques eólicos estão sendo construídos em vários estados, contribuindo significativamente para a diversificação da matriz energética brasileira, que historicamente foi dominada pela hidreletricidade. A energia eólica é considerada uma maneira eficaz de complementar a produção de energia hidrelétrica, especialmente em períodos de estiagem, já que bons ventos ocorrem no segundo semestre na Região Nordeste.

Embora as condições geográficas e os contextos regulatórios variem entre esses países, a energia eólica é uma fonte importante na busca por uma matriz energética mais limpa, sustentável e resiliente a longo prazo. Sua contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas é essencial para o futuro sustentável desses países.

Metodologia

Este estudo visa analisar o funcionamento da energia eólica nos Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido e Brasil, países com características geográficas e climáticas distintas. A análise será apoiada por representações gráficas para uma compreensão visual e clara dos resultados. Esta análise será feita através de pesquisas na internet em sites de geração de energia até a última semana de setembro de 2024.

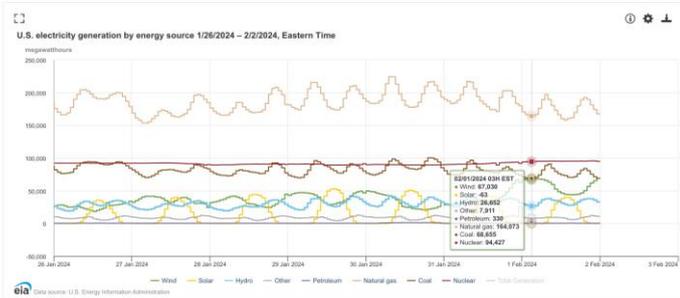
Resultados e discussão

Foram coletados dados de produção de energia eólica durante a primeira semana (janeiro) e a semana 33 (agosto) de 2023, para o Brasil, Alemanha e Reino Unido, respectivamente. Posteriormente, os dados foram analisados e tratados estatisticamente para identificar tendências e padrões.

A Figura 1 apresenta a geração de energia eólica na semana de 26/01 a 02/02/2024 nos Estados Unidos. Observa-se que a produção foi relativamente consistente

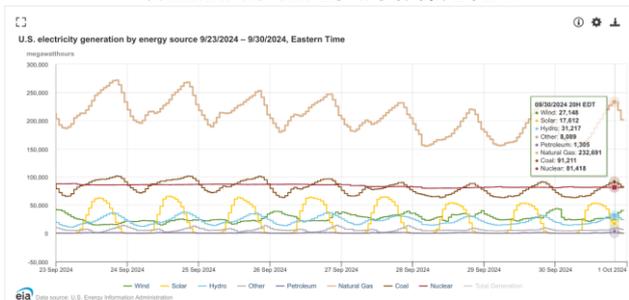
ao longo da semana, com algumas variações sazonais típicas. A geração de energia fica próxima de 60.000MWh.

Figura 1 – Geração de Energia Eólica – Estados Unidos – semana do dia 26/01/2024 a 02/02/2024.



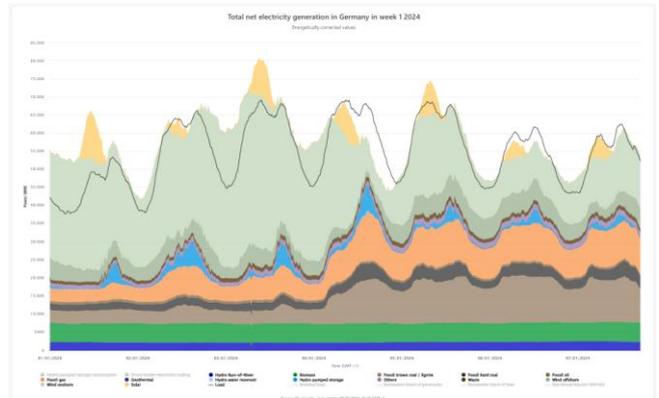
A Figura 2 representa a geração de energia eólica nos Estados Unidos na última semana de setembro de 2024. Uma observação notável é que a geração de energia fica próximo ou abaixo de 50.000MWh, fator que pode ser atribuído pela época do ano.

Figura 2 – Geração de Energia Eólica – Estados Unidos – semana do dia 23 a 30/09/2024.



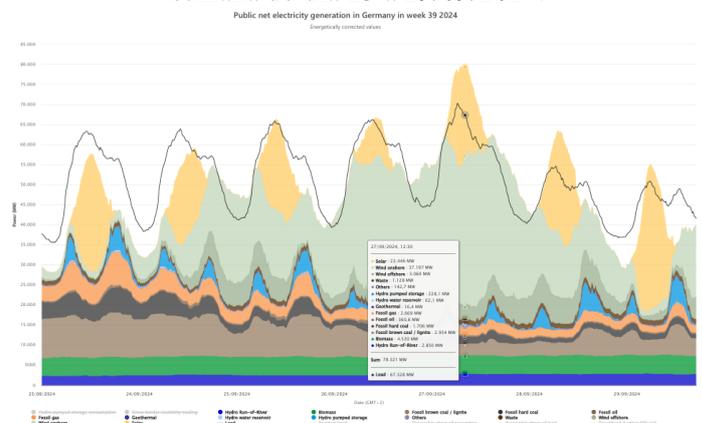
A Figura 3 apresenta a geração de energia eólica na primeira semana do ano de 2023 na Alemanha. Observa-se que a produção foi relativamente consistente ao longo da semana do ano, com algumas variações sazonais típicas.

Figura 3 – Geração de Energia Eólica – Alemanha – semana do dia 01 a 07/01/2024.



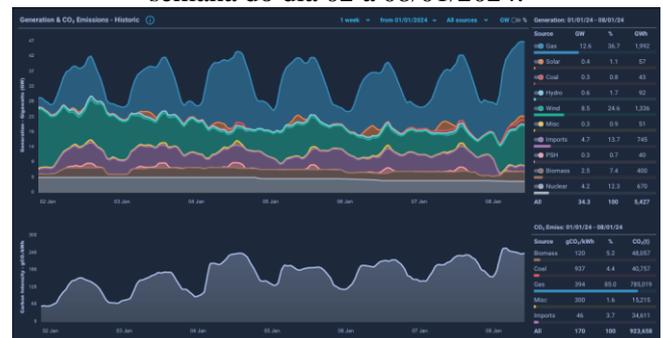
A geração de energia eólica na semana de 23 a 29/09/2024, conforme mostra a Figura 4, apresentou valores máximos da ordem de 12 GW, sendo cerca de 8 GW em geração onshore e 4 GW de geração offshore. O fato mostra que nas mudanças de estação ocorre uma queda na geração eólica com aumento da geração solar.

Figura 4 – Geração de Energia Eólica – Alemanha – semana do dia 23 a 29/09/2024.



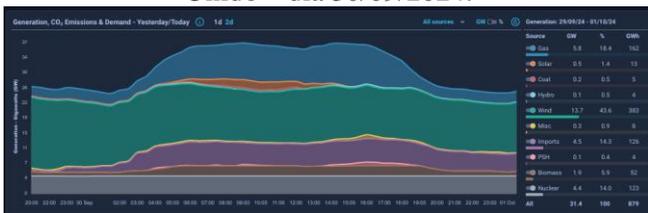
O Gráfico da Figura 5 oferece uma visão da geração de energia eólica no Reino Unido na primeira semana de 2024. Nota-se que a produção de energia começou perto de 25000 M, caiu para cerca de 23000 MWh no final do dia 02/01/2024.

Figura 5 – Geração de Energia Eólica – Reino Unido – semana do dia 02 a 08/01/2024.



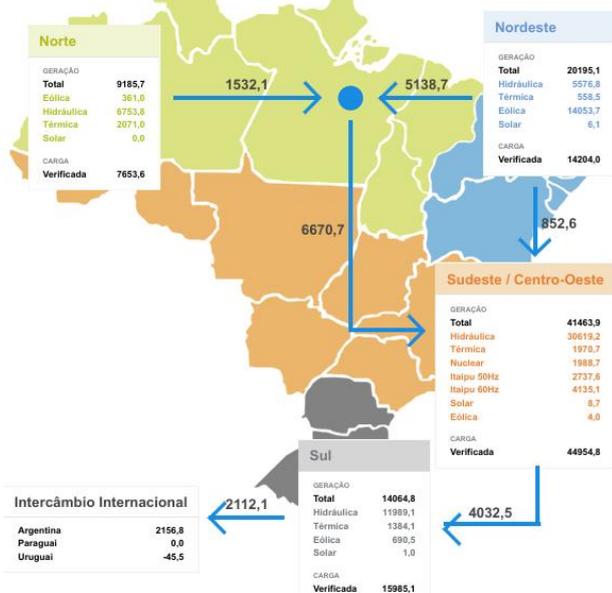
O gráfico da Figura 6 apresenta a geração de energia no Reino Unido entre 29 de setembro e 1 de outubro de 2024. A capacidade total de geração variou ao longo do dia, com um pico próximo a 37 GW. A energia eólica foi a principal fonte, contribuindo com 13,7 GW, seguida por gás (5,8 GW) e importações (4,5 GW). A análise indica uma dependência significativa da energia eólica, destacando sua importância na matriz energética do país.

Figura 6 – Geração de Energia Eólica e Solar – Reino Unido – dia 30/09/2024.



No dia 02/02/2024, a geração de energia no Brasil apresentou uma capacidade total de 31,4 GW, com destaque para a energia eólica, que contribuiu com 13,7 GW (Figura 7).

Figura 7 – Geração de Energia Eólica – Brasil – dia 02/02/2024.



A distribuição da geração por regiões foi a seguinte:

- Norte: Total de 9.185,7 MWh, com 361 MWh de energia eólica.
- Nordeste: Total de 20.195,1 MWh, sendo 14.053,7 MWh provenientes da energia eólica.

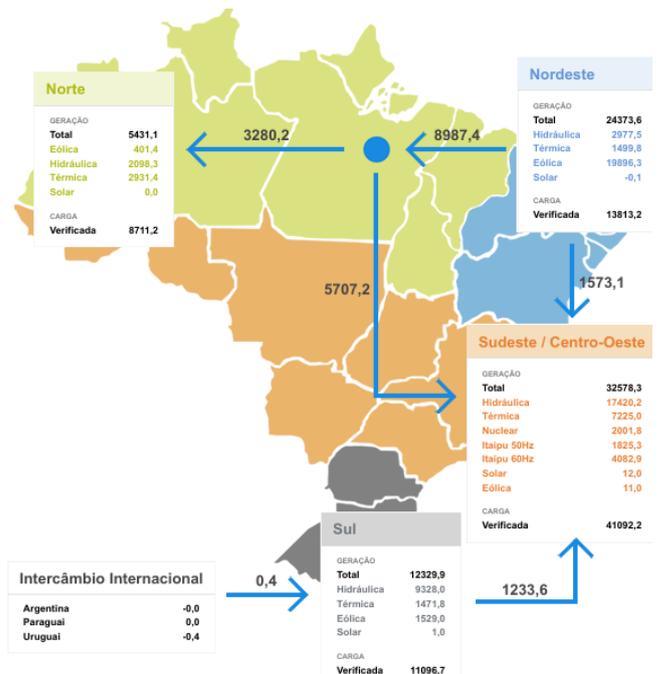
- Sudeste/Centro-Oeste: Total de 41.463,9 MWh, com uma contribuição eólica de 4,8 MWh.
- Sul: Total de 14.604,8 MWh, com 690,5 MWh de energia eólica.

Esses dados ressaltam a importância da energia eólica, especialmente na região Nordeste, que se destaca como a principal fonte de geração eólica do país.

No dia 30/09/2024., a geração de energia eólica no Brasil atingiu picos próximos a 20.000 MWh, mas caiu para cerca de 10.000 MWh no meio do dia, refletindo uma variação significativa na produção (Figura 8). Os dados regionais mostram:

- Norte: Total de 5.431,1 MWh, com 401,4 MWh de energia eólica.
- Nordeste*: Total de 24.373,6 MWh, destacando-se a energia eólica com 19.896,3 MWh.
- Sudeste/Centro-Oeste: Total de 32.578,3 MWh, com uma contribuição eólica de 11,0 MWh.
- Sul: Total de 12.329,9 MWh, com 1.529,0 MWh de energia eólica.

Figura 8 – Geração de Energia Eólica – Brasil – dia 30/09/2024.



Esses dados evidenciam a importância da energia eólica, especialmente na região Nordeste, que continua a ser a principal fonte de geração eólica do país. A variação na produção ao longo do dia destaca a influência das condições climáticas na geração de energia.

Conclusões

A energia eólica tem experimentado um crescimento notável no Brasil, contribuindo significativamente para a diversificação da matriz energética do país. A geração de energia eólica no Brasil tem atraído investimentos substanciais, promovendo o desenvolvimento de tecnologias eólicas e a criação de empregos na indústria. No entanto, é importante ressaltar que a capacidade total de geração eólica no Brasil ainda é menor em comparação com países como a Alemanha, que têm uma capacidade instalada muito mais ampla.

No Reino Unido, a queda na produção de energia eólica em agosto de 2024, reflete o fato que no verão com altas temperaturas, ocorre uma queda nos ventos na região, o que representou em uma menor geração de energia por fonte eólica.

No Brasil a geração no segundo semestre do ano tende a crescer, quando ocorre a chamada “Safr dos Ventos”, na Região Nordeste, e que contrasta com a queda de geração hidrelétrica nas usinas a fio d’água, por conta do período de estiagem, sem chuvas. Em 2024, a seca prolongada tem impactado a geração hidrelétrica, realçando a importância da energia eólica como uma alternativa eficaz e renovável na matriz energética brasileira. O bom período de chuvas no início do ano anterior contribuiu para o enchimento dos reservatórios, que se mantiveram em níveis adequados, aliados à geração solar e, principalmente, à geração eólica, que, embora tenha apresentado variações, mostrou uma tendência de queda na produção à tarde.

Agradecimentos

A aluna expressa profunda gratidão à Universidade Federal de Itajubá pelo apoio e recursos durante a pesquisa e elaboração deste artigo, que foram fundamentais para o sucesso do trabalho. Agradece também ao FNDE pelo financiamento da bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET), cujo apoio foi essencial para a realização do estudo e avanço do conhecimento na área.

Referências

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica.

InfoVento 34. Disponível em:

<https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2024/03/424_ABEEOLICA__INFOVENTO_ED34_PT_V3.pdf>. Acesso em: 09 set. 2024.

EIA – U.S. Energy Information Administration. **Today in Energy**. USEIA, 2024. Disponível em:

<<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=62784>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

Fraunhofer ISE. **Energy-Charts**. Disponível em:

<<https://www.energy-charts.info/index.html>>. Acesso em: 15 set. 2024.

ENERGIA DO REINO UNIDO. Disponível em:

<<https://www.energydashboard.co.uk/live>>. Acesso em: 30 set. 2024.

ENERGIA USA. Disponível em:

<https://www.eia.gov/electricity/gridmonitor/dashboard/electric_overview/US48/US48>. Acesso em: 07 out. 2024.

ENERGIA NOS. Disponível em:

<<https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>>. Acesso em: 22 set. 2024.

7. SANTOS, R. et al. **Estudo comparativo do aproveitamento de energia eólica na região Nordeste do Brasil x Alemanha**. [s.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em:

<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/estudo_comparativo_do_aproveitamento_de_energia_eolica_na_regiao_nordeste_do_brasil_x_alemanha.pdf>.

Acesso em: 20 set. 2024.

Qual é o país que mais usa a energia eólica?

Disponível em:

<<https://clickpetroleogas.com.br/blog/energia-eolica/qual-e-o-pais-que-mais-usa-a-energia-eolica/>>.

Acesso em: 20 set. 2024.

TERRA, N. **Energia eólica no Brasil bate recordes e gera empregos**. Disponível em:

<<https://www.airswift.com/pt/blog/wind-energy-brazil#:~:text=O%20Brasil%20est%C3%A1%20em%20sexto>>. Acesso em: 22 set. 2024.

A evolução da energia eólica no Brasil e no mundo.

Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/260536-evolucao-energia-eolica-brasil-no-mundo.htm>>. Acesso em: 27 set. 2024.