

ESTUDO SOBRE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Jaqueline Nascimento Deodato¹ (IC), Rogério José da Silva¹ (PQ)
¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Energia eólica. Matriz energética brasileira. Capacidade instalada, Geração de energia.

Introdução

Este trabalho apresenta um estudo sobre o avanço da capacidade instalada em energia eólica no Brasil, dentro da matriz energética brasileira. Nos últimos 7 anos, a capacidade instalada no Brasil saiu de 11 GW e 440 parques eólicos instalados em 2017, para cerca de 27 GW e 940 parques instalados em agosto de 2023, com 10369 aerogeradores em operação, estando presente em 12 estados [1].

O uso intensivo de combustíveis fósseis pela sociedade para geração de eletricidade emite grande carga de poluentes, principalmente dos gases de efeito estufa, e que vem causando grandes impactos ambientais pelo mundo, como por exemplo, aquecimento global, chuva ácida, perda da biodiversidade e entre outros [2]. Com o crescimento do consumo de energia no mundo, e que também ocorre no Brasil, houve um aumento no investimento em fontes alternativas e renováveis para geração de energia elétrica, que possuem baixo impacto ambiental. Entretanto, as fontes de energia solar e eólica são intermitentes, e é preciso conhecer como de fato são suas características de operação.

Existem diversos tipos de fontes de energia renováveis, e neste trabalho o enfoque será dado à energia eólica. A energia solar possui mais estabilidade de geração, sendo possível em muitos locais a geração a partir das 7h da manhã e com redução da geração entre 16h e 18h dependendo do local. Por sua vez, no caso da geração eólica, a intensidade dos ventos, a sua direção, podem alterar conforme as horas do dia, da estação do ano, e mudanças no clima, afetando os resultados.

Na energia eólica se faz o aproveitamento da força dos ventos para a geração de energia elétrica através de grandes aerogeradores, conforme pode ser visto na Figura 1 [3].

Nesse contexto, devido ao potencial brasileiro para a geração eólica em várias regiões com bons ventos e estabilidade, existe atratividade para a instalação no Brasil de empresas para a produção de componentes no pás, e de outros equipamentos para a geração de energia com esta fonte [4].

Com todo esse desenvolvimento, a matriz energética brasileira possui 27 GW de capacidade instalada em geração eólica comercial, ou seja, compõe 14% da matriz energética nacional [5].

Contudo, é importante apresentar a evolução da capacidade instalada da geração eólica na matriz energética brasileira, bem como suas características de operação, dentro da matriz de energia renovável no Brasil.

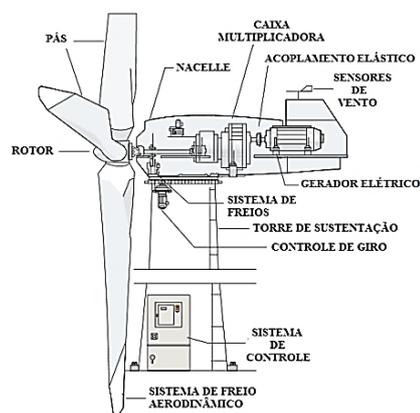


Figura 1 – Equipamentos utilizados em parques eólicos

Metodologia

Essa análise será realizada através de pesquisa em sites na internet de empresa de geração e distribuição compartilhada de energia, sites na internet de notícias e conteúdo de comércio de energia, artigos científicos, sites na internet de empresas de geração de energia e ao Operador Nacional do Sistema Elétrico.

Assim, o objetivo do trabalho é mostrar a evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil, mostrando como ocorreu o aumento da capacidade, os dados de geração de energia dos diferentes Estados, e a contribuição na matriz de energia, e os fatores de capacidade verificados ao longo do ano, comparando energia eólica e energia solar.

Resultados e discussão

O Brasil se destaca no cenário internacional pelo grande potencial e aproveitamento de energia renovável na forma de energia hidráulica. Nos últimos anos houve um grande avanço na capacidade instalada em outras fontes de energia renovável, a saber, a energia eólica e a energia solar. A energia eólica, nos últimos anos, foi umas das que mais ganhou relevância na composição da matriz elétrica. Como consequência, a capacidade instalada de energia eólica experimentou um crescimento significativo ao longo da última década, tornando-se uma fonte de energia renovável importante em muitos países ao redor do mundo. Assim, a Figura 2 mostra os dados da evolução da capacidade instalada no Brasil. No Boletim de Geração de Energia da ABEEólica é possível perceber que a capacidade final em agosto de 2023, é composta por 27 GW em operação comercial, em 940 parques eólicos, com 10369 aerogeradores em operação [6].

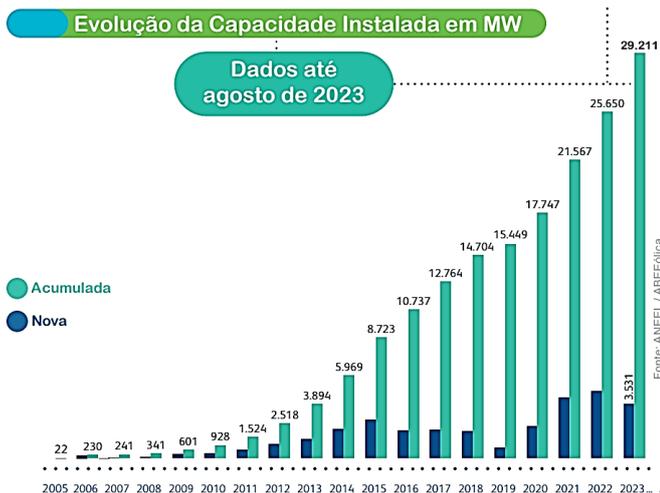


Figura 2 – Evolução da Capacidade Instalada

Essa evolução se deve ao fato de que o setor eólico vem se desenvolvendo no país, com progresso tecnológico, além das características de vento que possui boa estabilidade, permitindo registros de bons fatores de capacidade ao longo do ano em muitas regiões [7]. Pode-se informar que além desses dados há outros 1491,6 MW em operação de testes, que devem entrar em operação a curto prazo. Além disso, em 2016 o Brasil estava na nona posição de Ranking Mundial de capacidade instalada para a geração de energia eólica onshore, e atualmente ele ocupa a sexta posição [8].

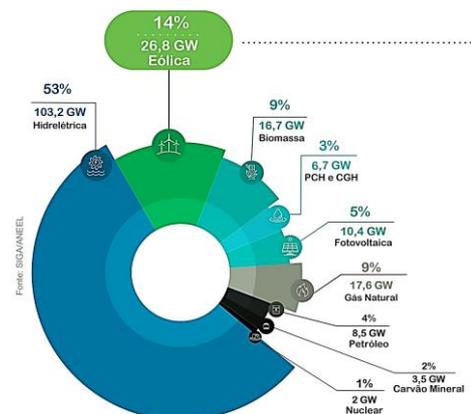
Ao observar a potência instalada em cada Estado brasileiro, é possível notar que em algumas regiões há um avanço muito alto da capacidade instalada na produção de energia eólica, porém, há outros que tem seu potencial baixo. A Tabela 1 apresenta a geração de energia eólica por Estado do Brasil, em MW, durante o ano de 2022, de acordo com os dados da ABEEólica (2023) [9].

Observando a Tabela 1, é possível notar que a Região Nordeste é a que apresenta a maior capacidade instalada e possui também a maior geração de energia registrada. Os estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Piauí, lideraram em geração de energia eólica, em 2022.

Tabela 1 – Geração de Energia Eólica por Estado 2022.

REGIÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
RN	1.838,2	2.157,8	1.703,5	1.788,9	1.998,5	1.866,4	3.282,6	3.815,1	3.944,0	3.894,6	2.652,6	2.785,8
BA	1.658,0	1.828,3	2.837,6	2.669,9	2.826,0	3.005,4	3.634,0	3.755,3	3.486,3	3.550,0	1.981,9	1.785,0
PI	568,5	553,8	825,2	913,6	1.259,4	1.456,9	1.638,8	1.725,5	1.610,2	1.654,9	868,2	966,8
RS	636,0	586,6	585,2	486,0	494,1	536,0	641,7	589,0	730,8	735,6	720,4	637,2
CE	616,6	744,7	419,3	357,1	435,8	466,9	672,7	1.061,7	1.375,9	1.412,2	1.006,1	1.096,0
PE	327,3	327,2	357,5	323,8	345,2	310,3	483,0	510,6	526,9	543,8	344,9	400,6
MA	146,6	185,8	75,4	83,3	70,4	93,7	113,3	248,5	337,2	342,5	224,3	251,6
PB	142,8	156,3	190,4	191,1	240,6	230,5	370,5	378,1	344,4	341,1	181,2	198,4
SC	50,9	43,4	55,4	60,6	69,6	77,1	94,3	86,5	84,4	63,9	64,7	48,6
SE	5,3	7,8	5,2	5,1	8,0	8,6	11,7	10,9	8,3	9,2	9,7	8,3
RJ	9,0	5,9	8,8	3,7	4,3	3,8	7,6	9,3	7,9	10,5	8,7	9,0
PR	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

No Brasil, com o intuito de diversificar a matriz elétrica brasileira, que é basicamente 54,1% de hidrelétrica, outras fontes de energia têm recebido grande incentivo, e dentre estas se destacam a energia solar e a energia eólica. A Figura 3, mostra a composição da matriz de energia brasileira.



A energia solar possui mais 23 GW de capacidade instalada em geração distribuída

Figura 3 – Matriz Elétrica Brasileira

Analisando os dados do Infovento 32 da ABEEólica, verifica-se um crescimento nos primeiros meses de 2023, de 3551 MW em novas instalações, levando a capacidade instalada para 29211 MW, em Agosto/2023. Ao considerar todas as fontes de geração de energia elétrica, em 2022, foram instalados 7,5 GW de potência e a energia eólica foi a fonte que mais cresceu, representando 50,91% da nova capacidade instalada no País durante o ano.

No Brasil, a maior parte de energia utilizada, 51%, ou seja, quase a metade é renovável, e a média mundial esse número é muito diferente, como mostra a Figura 4. As matrizes energéticas de vários países têm as energias não renováveis como principal fonte, em que se

destacam o petróleo, o carvão e o gás natural.

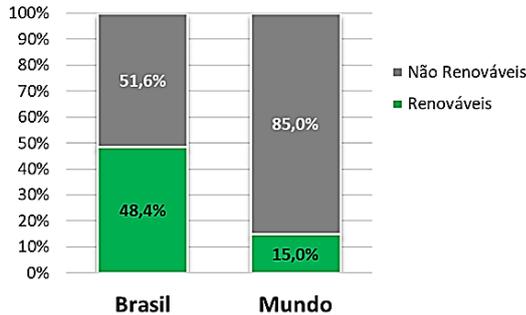


Figura 4 – Consumo de Energia no Brasil e no Mundo

Na Figura 4 é possível analisar que apenas uma pequena porcentagem da energia utilizada no mundo em 2020 era renovável, o que corresponde a uma média de 15%. No Brasil a geração de energia por fontes renováveis supera a da maioria dos outros países. De acordo com os dados da EPE, dividindo a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelo número total de habitantes no Brasil, veremos que nosso país emite menos GEE por habitante que a maioria dos outros países [10].

Os dias atuais, os aerogeradores podem produzir grandes quantidades de energia, porém, é dependente do vento, assim o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) publica todos os dias o registro da geração de energia eólica. O segundo semestre é conhecido na região Nordeste como época da safra dos ventos. Assim, como exemplo de geração, na Figura 5, é mostrado um exemplo. No dia 06/08/2023 ocorreu uma alta geração de energia eólica, de aproximadamente 18.000 MW no período da 00h00 as 3h00 da manhã com decréscimo constante, havendo a geração por volta das 13h30, e depois houve aumento, com estabilização por volta das 20h00 em diante [11].

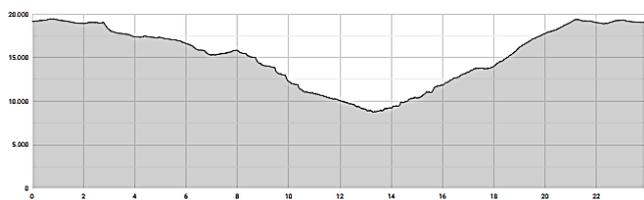


Figura 5 – Geração de Energia Eólica em 06/08/2023.

Pode-se verificar que a geração eólica neste dia de agosto manteve constante nos períodos das 21h às 11h, pois depois desse horário ocorre uma queda normal de energia. Também pode-se dizer que dos registros de geração do mês de agosto, na maioria dos dias o comportamento da curva é mais plano, pois esse mês é época em que se obtém melhores ventos, porém em outros meses o comportamento da curva não é tão plano assim. Desse modo, para complementar a demanda de

energia, a curva de registro da geração solar mostra uma complementariedade entre as duas fontes. Durante a queda da geração eólica, ocorre o pico de geração solar.

Os dados com os registros de produção das usinas eólicas e fotovoltaicas no Sistema Interligado Nacional (SIN) realizado pelo ONS, como mostra a Figura 6, é possível ver o comportamento da geração de energia. O gráfico apresentado para o mês de junho de 2022, mostra a variação dos fatores de capacidade para a geração eólica e geração solar, para os meses do ano de 2021 e até junho de 2022 [12]. A eólica representava em 2022, 11,9% do total de energia gerada, com a previsão de que até dezembro de 2026 tivesse 13,9% de participação, e a solar com 2,8%, com a expectativa de chegar em 2026 com 5,3%, dados que atualmente já estão superados.

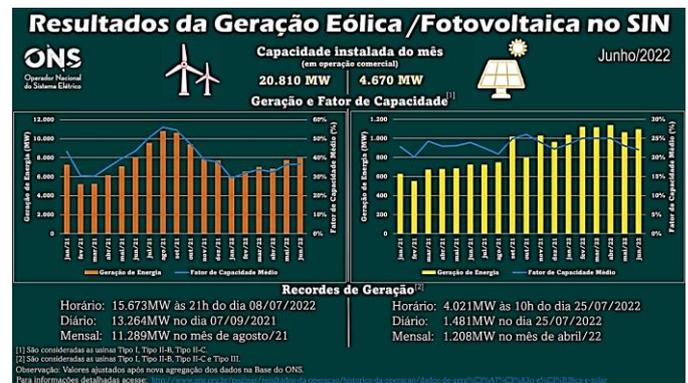


Figura 6 – Geração e Fator de Capacidade

Os cinco estados com maior geração no ano de 2021 foram, Rio Grande do Norte (21,23 TWh), Bahia (21,15 TWh), Piauí (9,10 TWh), Ceará (7,91 TWh) e Rio Grande do Sul (5,63 TWh) de acordo com o Boletim de Geração de Energia da ABEEólica, 2022. A Tabela 2 mostra a representatividade da fonte eólica nas regiões, onde pode-se observar que o subsistema Nordeste possui geração muito próxima à geração total do sistema, tendo representado, em 2021, 88,78%.

Tabela 2 – Representatividade de Fonte Eólica por Estado considerando a geração em TWh.

Região	2021		2022		% de crescimento
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	
Sudeste	0,06	0,1%	0,06	0,1%	16%
Sul	6,20	8,7%	5,95	7,6%	-4%
Nordeste	63,20	88,7%	70,48	90,3%	12%
Norte	1,76	2,5%	1,59	2,0%	-10%
Total	71,22	100%	78,08	100%	9,6%

Os estados nordestinos possuem ventos recorrentes e possuem oportunidades mais atraentes nesse ramo, e por estão no topo do ranking. Porém, o país como um todo possui potencial de desenvolvimento de

energia eólica. Sendo atraente também para o desenvolvimento futuro de parques eólicos offshore.

Um levantamento feito pela Global Wind Energy Council (GWEC) divulgado em 2022, mostrou que a geração eólica no Brasil se expandiu no último ano, com o país subindo uma posição no ranking mundial de energia eólica onshore. Em 2021, o Brasil se tornou o 6º país com mais eólicas do mundo, com capacidade instalada de 21,5 GW, atrás apenas da China (310,6 GW), Estados Unidos (134,3 GW), Alemanha (56,8 GW), Índia (40 GW) e Espanha (28,3 GW). Porém, em agosto de 2023 já tem uma capacidade instalada de 29 GW [13].

O mercado brasileiro também voltou a figurar entre os três que apresentaram o maior ritmo de crescimento no último ano, junto com Estados Unidos e China [14]. No geral, o ano de 2021 foi bastante positivo para a geração eólica em todo o mundo. Quase 94 GW de capacidade foram adicionadas, o segundo melhor resultado histórico do setor, apesar da pandemia de COVID-19. A capacidade total instalada global em 2021 era de 837 GW, com destaque para o avanço das eólicas na China (+30,7 GW) e nos Estados Unidos (+12,7 GW). Sob um recorte regional, a África e o Oriente Médio tiveram a maior taxa de crescimento de instalações eólicas em 2021, com aumento de 120%, seguidos pela América Latina (27%) e Europa (19%). Apesar do crescimento, o ritmo ainda está aquém do necessário para que os objetivos climáticos dos países sob o Acordo de Paris sejam cumpridos.

Conclusões

A partir desta pesquisa, é possível constatar que a energia, definitivamente, é um dos recursos mais importantes para o desenvolvimento de um país e garantia da qualidade de vida da população. Por meio dela, a humanidade pode atender suas mais diversas necessidades e os países podem alimentar seus sistemas comercial, industrial e de serviços.

Nos últimos anos, as fontes de energia renováveis sofreram um grande crescimento em capacidade instalada e geração de energia. Assim, foi possível ter um conhecimento do potencial energético e o crescimento da matriz energética no Brasil. Porém, verifica-se que em algumas estações a curva de geração eólica no Brasil tem-se um perfil plano, e em outras não tem esse perfil, contribuindo para o Sistema Interligado Nacional, complementado a geração hidrelétrica e solar, atualmente as principais fontes de energia, além da nuclear e térmicas. Assim é possível concluir que a geração de energia de um país não deve depender totalmente da energia eólica para suprir sua demanda, pois ele tem sua intermitência e necessita estar num

sistema com outras fontes operando de forma complementar.

Agradecimentos

A conclusão desse relatório seria impossível sem a colaboração de algumas pessoas e instituições que, de diversas formas, deram sua contribuição em diferentes etapas. Diante disso, manifesto um agradecimento especial ao Programa de Educação Tutorial - PET pela concessão da bolsa de estudos pelo FNDE, e à Universidade Federal de Itajubá.

Referências

- [1] Infovento 32, 2023.
- [2] JUSSILABS. Impactos ambientais causados pelas fontes de energia. Órigo. Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/consumo-consciente/impactos-ambientais-causados-pelas-fontes-de-energia/>>.
- [3] Energia Eólica: O Que é e Como Funciona. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-eolica>>.
- [4] GOUVÊA, Renato Luiz Proença de; SILVA, Paulo Azzi da. Desenvolvimento do setor eólico no Brasil. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v.25, n.49, p. 81-118, jun. 2018.
- [5] Infovento 32, 2023.
- [6] ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/>>.
- [7] MELO, E. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. Estudos avançados, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013. Disponível em: Acesso em: 23 mar. 2017.
- [8] INFOVENTO 01, 2017.
- [9] ABEEólica ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS ONSHORE OFFSHORE boletim anual. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>>.
- [10] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MATRIZ ENERGÉTICA. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>
- [11] ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Boletim Mensal de Geração.
- [12] Capacidade instalada do mês (em operação comercial). [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Resultados%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20E%C3%B3lica%20e%20Fotovoltaica%20no%20SIN_jun_22.pdf>.
- [13] GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. Global Wind Report 2022. Disponível em: <<https://gwec.net/global-wind-report-2022/>>.
- [14] Eólicas ganham espaço e Brasil sobe em ranking internacional. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2022/04/08/eolicas-ganham-espaco-e-brasil-sobe-em-ranking-internacional.html#:~:text=Em%202021%2C%20o%20Brasil%20se>>.