

Energia Eólica

Francisco Diniz Bezerra

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Coordenador de Estudos e Pesquisas do BNB/Etene
diniz@bnb.gov.br

Resumo: A capacidade instalada mundial de geração eólica, em dados de dez/2022, corresponde a 906 GW, sendo 842 GW *onshore* e 64 GW *offshore*. O Brasil participa de forma modesta, com 3,0% da potência *onshore*, não tendo ainda usinas *offshore*. Em 01/03/2023, encontravam-se em operação no País 904 usinas eólicas, somando 25,2 GW de potência instalada. O Nordeste sediava 777 usinas, que somavam 23,1 GW, correspondentes a 91,6% da potência instalada no País. Na Região, destacam-se na geração eólica os estados do Rio Grande do Norte e da Bahia. Em conjunto, participam com quase 60% da potência eólica do País. Estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apontam um futuro promissor para a energia eólica no Brasil. As suas projeções sinalizam que a participação da fonte eólica na matriz elétrica brasileira passará de 10% em 2021 para 11% em 2031, sendo previstos acréscimos de cerca de 10 GW no período, que demandarão investimentos de mais de R\$ 50 bilhões. O Nordeste será a Região mais contemplada nos investimentos previstos, em função de sua elevada competitividade na atividade.

Palavras-chave: Energia eólica; Geração eólica; Matriz elétrica brasileira; Nordeste.

1 Introdução

No cenário mundial, o Brasil se destaca por ter sua matriz de geração de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis. Embora haja predominância da hidroeletricidade, outras fontes renováveis assumem cada vez mais importância na geração elétrica do País, como a biomassa, a eólica e a solar, esta última inserida mais recentemente.

Como se depreende dos resultados dos leilões de compra e venda de energia, a fonte eólica se mostra competitiva no Brasil, tendo os seus projetos sido aprovados em diversos certames oficiais e privados realizados. Além disso, a fonte eólica também participa de forma expressiva nos projetos des-

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE

Expediente: Luiz Alberto Esteves (Economista-Chefe). Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE: Tibério R. R. Bernardo (Gerente de Ambiente). Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais: Luciano F. Ximenes (Gerente Executivo), Maria de Fátima Vidal, Jackson Dantas Coêlho, Kamilla Ribas Soares, Fernando L. E. Viana, Francisco Diniz Bezerra, Luciana Mota Tomé, Biagio de Oliveira Mendes Junior. Célula de Gestão de Informações Econômicas: Marcos Falcão Gonçalves (Gerente Executivo), Gustavo Bezerra Carvalho (Projeto Gráfico), Hermano José Pinho (Revisão Vernacular), Mariana Carvalho e Lima, PEDRO Barreira Bentemuller (Bolsistas de Nível Superior).

O Caderno Setorial ETENE é uma publicação mensal que reúne análises de setores que perfazem a economia nordestina. O Caderno ainda traz temas transversais na sessão "Economia Regional". Sob uma redação eclética, esta publicação se adequa à rede bancária, pesquisadores de áreas afins, estudantes, e demais segmentos do setor produtivo.

Contato: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. Av. Dr. Silas Munguba 5.700, Bl A2 Térreo, Passaré, 60.743-902, Fortaleza-CE. <http://www.bnb.gov.br/etene>. E-mail: etene@bnb.gov.br

Aviso Legal: O BNB/ETENE não se responsabiliza por quaisquer atos/decisões tomadas com base nas informações disponibilizadas por suas publicações e projeções. Desse modo, todas as consequências ou responsabilidades pelo uso de quaisquer dados ou análises desta publicação são assumidas exclusivamente pelo usuário, eximindo o BNB de todas as ações decorrentes do uso deste material. O acesso a essas informações implica a total aceitação deste termo de responsabilidade. É permitida a reprodução das matérias, desde que seja citada a fonte. SAC 0800 728 3030; Ouvidoria 0800 033 3030; bancodonordeste.gov.br

tinados ao Ambiente de Contratação Livre (Mercado Livre de Energia), que não requer necessariamente competição em leilão. Neste contexto, o Nordeste se sobressai, em razão de seu elevado potencial eólico e por dispor de inúmeros sítios com velocidades médias de vento dentre as maiores do País. Este cenário se mostra promissor para vultosos investimentos na Região nordestina em geração eólica, como inclusive já se observa atualmente.

As perspectivas para a fonte eólica no Brasil se mostram ainda mais promissoras, em razão da possibilidade do País, principalmente o Nordeste, sediar inúmeros empreendimentos de produção de hidrogênio verde, que demandarão grande volume de energia limpa. Neste cenário, vislumbra-se o nascimento no País do segmento de eólicas *offshore* (no mar), possibilitando o aproveitamento do elevado potencial existente na costa marítima brasileira.

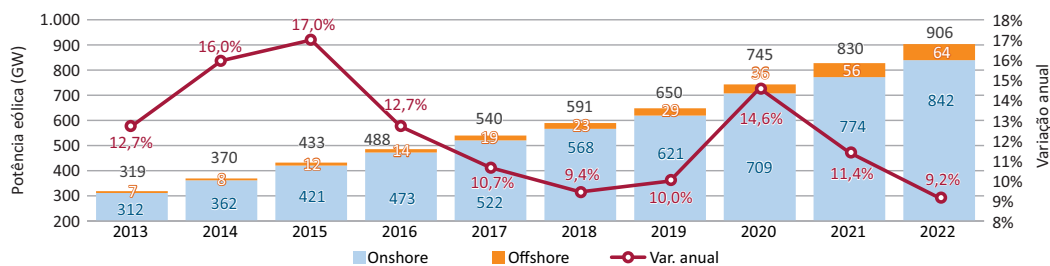
Esta análise setorial tem por objetivo disponibilizar informações sobre a atividade de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica. É constituída por cinco tópicos, incluindo esta breve introdução. No segundo tópico, aborda-se o mercado de energia eólica no mundo e no Brasil, evidenciando potencialidades, evolução e a situação atual. No terceiro tópico, apresenta-se a competitividade da fonte eólica no Brasil, enfatizando o Nordeste. No quarto, discorre-se sobre a atuação do Banco do Nordeste no segmento de geração eólica. Por fim, no quinto tópico, são destacadas as perspectivas para a fonte eólica no Brasil. Críticas e sugestões para melhoria de futuras edições desta análise setorial são bem-vindas.

2 Mercado de Energia Eólica: Potencial, Evolução e Situação Atual

2.1 No Mundo

A geração eólica tem experimentado crescimento expressivo no mundo, tendo alcançado 906 GW de potência instalada em 2022, de acordo com o Global Wind Energy Council – GWEC (2023). Desse montante, as usinas *onshore* participam com 92,9% e as usinas *offshore* com 7,1%. No decênio de 2013 a 2022, a capacidade instalada de geração eólica evoluiu à taxa média de 12,3% a.a. (Gráfico 1).

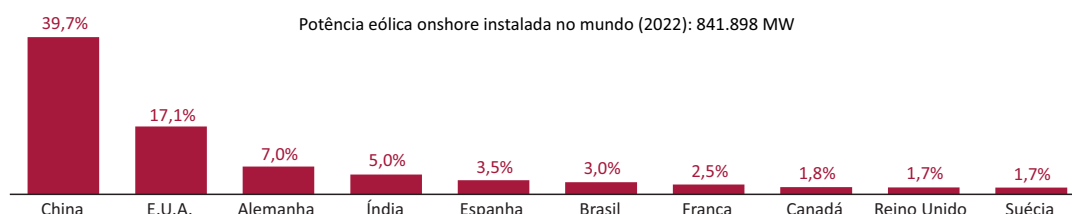
Gráfico 1 – Evolução da potência eólica mundial *onshore* e *offshore* (GW) e do incremento anual (%) - 2013-2022



Fonte: GWEC (2023). Elaboração: BNB/Etene.

A potência eólica *onshore* instalada no mundo é relativamente concentrada em apenas dois países: China (39,7%) e Estados Unidos (17,1%). Em conjunto, representam 56,8% do total implantado no planeta (Gráfico 2). O Brasil ocupa a 6ª posição no *ranking* dos principais países com geração eólica *onshore*, participando com 3,0% do total instalado. Apesar de ter uma participação modesta, o Brasil constitui um mercado promissor, em virtude da competitividade da fonte eólica, aliada ao fato de o País apresentar excelentes “jazidas” de vento, com destaque no Nordeste.

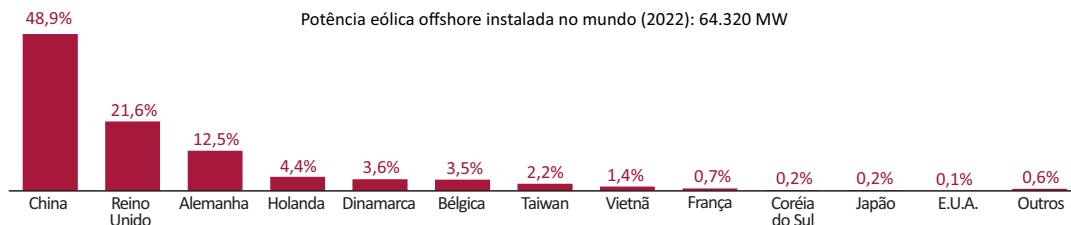
Gráfico 2 – Participação dos principais países na potência eólica *onshore* instalada no mundo em 2022



Fonte: GWEC (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Já a potência eólica *offshore* instalada no mundo também se concentra em poucos países, com destaque para a China (48,9%), Reino Unido (21,6%) e Alemanha (12,5%). Em conjunto, representam 83,0% do total implantado no mundo (**Gráfico 3**). Neste momento, o Brasil ainda não possui usinas *offshore* instaladas, apesar de já ter dezenas de iniciativas na fase de projeto. Nesse segmento, o Brasil também constitui um mercado promissor, em razão do elevado potencial existente em sua costa. No País, se destaca a Região Nordeste, com inúmeros sítios que apresentam fatores de capacidade dentre os melhores do mundo.

Gráfico 3 – Participação dos principais países na potência eólica *offshore* instalada no mundo em 2022

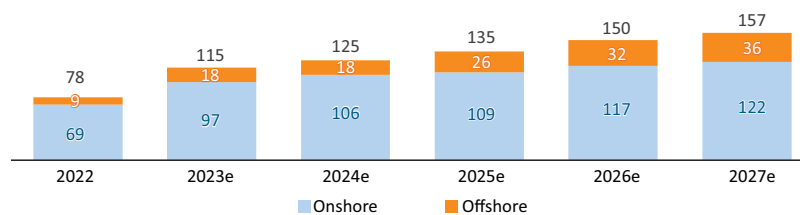


Fonte: GWEC (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Olhando para o futuro, as perspectivas para a fonte eólica continuam promissoras no mundo, em razão do aumento da competitividade da tecnologia dos aerogeradores e da pressão exercida pelas mudanças climáticas, que está exigindo da comunidade internacional aceleração na produção de energia a partir de fontes limpas, visando mitigar os efeitos da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Os eventos climáticos extremos, cada vez mais presentes, estão contribuindo muito para que se persiga a meta do Acordo de Paris de 2015 de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2,0°C acima dos níveis pré-industriais.

Segundo o GWEC (2023), a potência eólica terá crescimento médio de 15,0% a.a. de 2022 a 2027. A entidade prevê, inclusive, que em 2023, pela primeira vez, será ultrapassado o marco de 100 GW em nova capacidade instalada (**Gráfico 4**), além do mundo acumular mais de 1 TW em potência eólica. Neste cenário, o Brasil se apresenta como um dos países que se destacará, em razão de estar sendo visto como um importante veículo no processo de transição energética.

Gráfico 4 – Perspectivas de incremento mundial anual em nova capacidade instalada eólica *onshore* e *offshore*



Fonte: GWEC (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Por outro lado, a aceleração no ritmo de crescimento da indústria eólica deverá inflacionar os custos de produção na cadeia produtiva, que disputa insumos com outras indústrias, como a solar, a de automóveis elétricos etc., prevendo-se, assim, aumento dos preços dos aerogeradores nos próximos anos.

O atendimento do mercado eólico mundial é concentrado em poucas empresas, constituindo essa indústria um oligopólio. De acordo com a APQP4WIND (2023), organização sem fins lucrativos fundada pelos principais fabricantes e fornecedores de turbinas eólicas do mundo, o relatório Global Wind Turbine Market Report, da Blackridge Research & Consulting, listou os 15 principais fabricantes de turbinas eólicas em 2022 com base em sua participação de mercado e capacidade eólica total instalada. São eles:

1. Vestas Wind Systems
2. Siemens Gamesa Renewable Energy
3. GE Renewable Energy
4. Goldwind

5. Envision Energy
6. Mingyang
7. Nordex
8. Windey
9. Enercon
10. SEWind
11. DEC
12. CSIC
13. CRRC
14. United Power
15. Sanny Renewable Energy

2.2 No Brasil, com ênfase no Nordeste

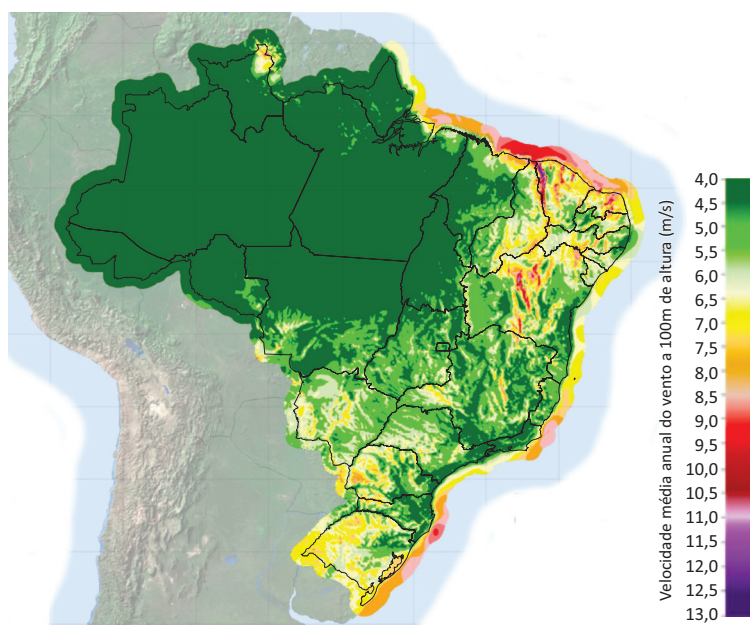
2.2.1 Potencial de geração eólica no Brasil

De acordo com estimativas de Pereira (2016), considerando as atuais tecnologias para produção de energia a partir do vento e a utilização de aerogeradores posicionados a 100 metros de altura, o potencial eólico brasileiro *onshore* pode chegar a 880,5 GW, sendo que 522 GW são considerados tecnicamente viáveis.

Por outro lado, segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2020), o potencial eólico brasileiro *offshore* também é gigantesco, estimando-se alcançar 1.335 GW a 100m de altura, sendo a região oceânica costeira do Nordeste a área mais favorável. Especificamente para locais com profundidade de até 50m, desconsiderando regiões com restrições, tais como áreas de proteção ambiental, rotas comerciais, rotas migratórias de aves, áreas de exploração de petróleo ou outras áreas com usos conflitantes, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) aponta para a existência de potencial técnico de cerca de 700 GW (EPE, 2020).

Para a Região nordestina, as estimativas apontam potencial *onshore* de 309 GW (PEREIRA, 2016) e potencial *offshore* de 681 GW (EPE, 2020) para torres de 100m. A **Figura 1** ilustra as áreas *onshore* e *offshore* de maior potencial eólico no Brasil.

Figura 1 – Potencial eólico brasileiro para altura de 100m



Fonte: Adaptado de Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel (2017) por BNB/Etene.

Nota: A área de cobertura das simulações extrapola as fronteiras terrestres do Brasil, adentrando também no mar (*offshore*).

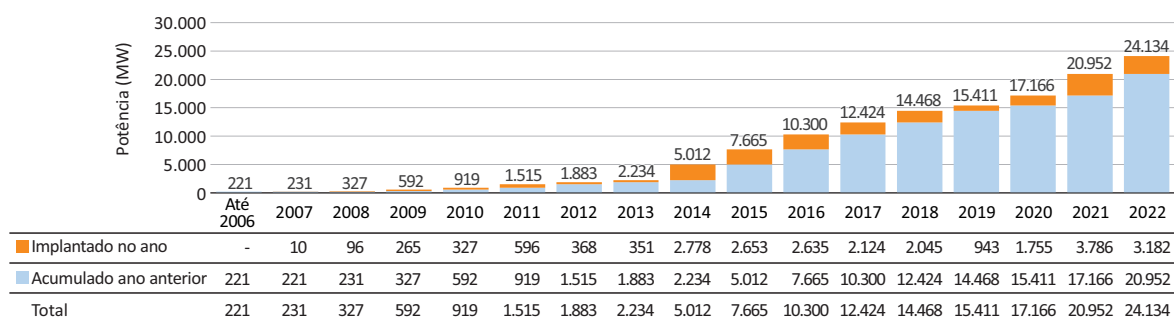
No Brasil, a maioria dos projetos eólicos está situada no Nordeste. Isto se deve ao fato de se localizarem na Região nordestina as “jazidas” de vento que apresentam as melhores condições de aproveitamento para fins de geração de energia elétrica.

2.2.2 Evolução da geração eólica no Brasil

O primeiro passo importante para a inserção da energia eólica no Brasil foi dado com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa (Lei nº 10.438/2002), iniciativa governamental destinada a diversificar a matriz elétrica nacional e fomentar o mercado interno para o uso dessa fonte, além de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e de empreendimentos termelétricos a biomassa. De acordo com a ABEEólica (2019), por meio do Proinfa, foram instalados 52 parques eólicos no País, totalizando 1.298,6 MW de potência.

No entanto, foi somente a partir de 2014 que o Brasil iniciou um processo mais acelerado de expansão do uso da fonte eólica na sua matriz elétrica (**Gráfico 5**). Isto ocorreu, em grande parte, graças ao lançamento pelo Governo Federal de leilões de comercialização de energia, contemplando esta fonte e à elevação da competitividade da tecnologia eólica ante outras opções de geração.

Gráfico 5 – Evolução da capacidade instalada de geração eólica no Brasil (MW)



Fonte: Aneel (2023a). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: dados correspondem à potência outorgada em 31/12 de cada ano.

No que concerne aos leilões de comercialização de energia elétrica promovidos pelo Governo Federal, foram contempladas 712 usinas de geração eólica, entre projetos já implantados e a implantar, totalizando 17,5 GW de potência. Esses números excluem os projetos aprovados que tiveram o contrato rescindido, foram descontratados ou tiveram a outorga revogada. Do total aprovado, 14,3 GW (91,3%) estão no Nordeste. Dos nove estados brasileiros com parques eólicos contemplados em leilões, oito são nordestinos. Fora da Região, apenas o Rio Grande do Sul (≈1,4 GW) teve projetos aprovados nos leilões governamentais. A **Tabela 1** detalha o resultado dos leilões realizados pelo Governo Federal por meio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE.

Tabela 1 – Parques eólicos aprovados nos leilões realizados pelo Governo Federal (excluídos projetos com contrato rescindido, descontratado ou com outorga revogada)

Data Leilão	Leilão	Qde Usinas	Potência (MW)	Potência por Estado (MW)									
				BA	RN	PI	RS	CE	PE	PB	MA	SE	
14/12/2009	02ºLER	71	1.805,70	390,00	657,00		186,00	542,70					30,00
26/08/2010	03ºLER	20	528,20	261,00	247,20		20,00						
17/08/2011	12ºLEN	44	1.067,60	265,60	52,80	75,60	492,00	103,60	78,00				
18/08/2011	04ºLER	34	861,10	148,80	405,40		132,40	174,50					
14/12/2012	15ºLEN	10	281,90	52,30			28,00					201,60	
23/08/2013	05ºLER	66	1.505,20	567,80	132,00	420,00	80,50	113,20	191,70				
18/11/2013	17ºLEN	39	867,60	83,00		240,00	326,60	98,00	120,00				
13/12/2013	18ºLEN	97	2.337,80	1.000,80	684,70	168,00	152,00	212,30	120,00				
06/06/2014	19ºLEN	21	551,00		84,00		48,00	117,00	302,00				
31/10/2014	06ºLER	31	769,10	373,50	235,60	78,00			82,00				
28/11/2014	20ºLEN	36	926,00	446,60	164,40	225,00					90,00		
27/04/2015	03ºLFA	3	90,00	90,00									
21/08/2015	22ºLEN	19	538,80			231,60		97,20				210,00	

Data Leilão	Leilão	Qde Usinas	Potência (MW)	Potência por Estado (MW)								
				BA	RN	PI	RS	CE	PE	PB	MA	SE
13/11/2015	08ºLER	20	548,20	493,00	25,20							30,00
18/12/2017	25ºLEN	2	64,00		64,00							
20/12/2017	26ºLEN	49	1.386,60	108,00	310,20	510,00			82,00	281,40		95,00
04/04/2018	27ºLEN	4	114,40	114,40								
31/08/2018	28ºLEN	48	1.250,70	508,40	742,30							
28/06/2019	29ºLEN	3	95,20		21,00	74,20						
18/10/2019	30ºLEN	44	1.040,23	604,20	161,80	59,40				214,83		
08/07/2021	33ºLEN	23	251,70	37,10	214,60							
08/07/2021	34ºLEN	10	167,80	31,80	136,00							
30/09/2021	35ºLEN	11	161,30	87,30	30,00				44,00			
27/05/2022	36ºLEN	4	183,09	90,09								93,00
14/10/2022	37ºLEN	3	115,29	90,09	25,20							
Totais		712	17.508,51	5.843,78	4.393,40	2.081,80	1.465,50	1.458,50	1.019,70	679,23	536,60	30,00
Participação na potência:			100,0%	33,4%	25,1%	11,9%	8,4%	8,3%	5,8%	3,9%	3,1%	0,2%

Fontes: CCEE (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: 1) Os leilões contemplam projetos em operação e os que estão previstos para ser implantados neste e nos próximos anos;

2) Os dados referem-se aos projetos aprovados nos leilões, excluídos os que tiveram os contratos rescindidos, descontratados e com outorga revogada.

Além dos leilões do Governo Federal, existem outras iniciativas que também contemplaram a fonte eólica. Como exemplos, podem ser citados os leilões promovidos pela Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig e pela Companhia Paranaense de Energia – Copel, que aprovaram inúmeras usinas eólicas e fotovoltaicas, visando à comercialização no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Fora dos leilões, outras usinas têm sido construídas visando atuar no ACL e no Mercado de Curto Prazo (MCP).

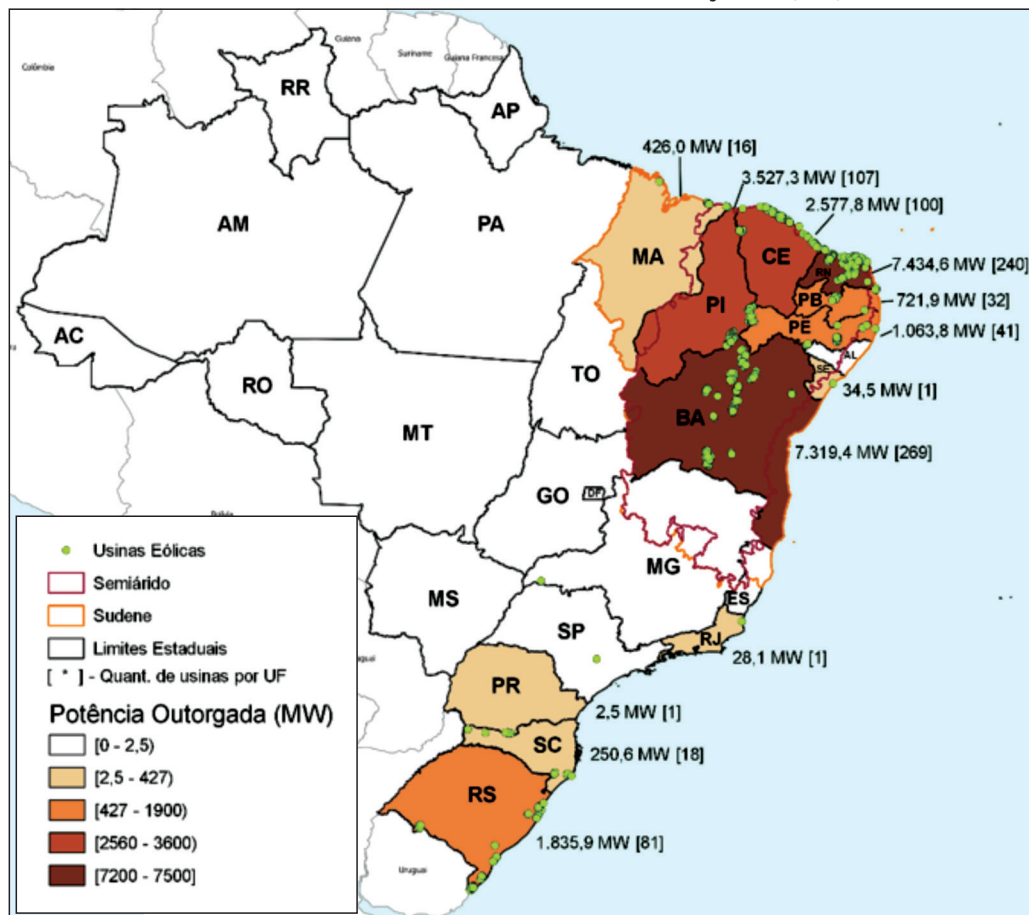
Concernente às usinas eólicas *offshore*, até o presente momento, não há empreendimentos em operação no Brasil. Contudo, existem dezenas de projetos em busca de licenciamento ambiental no Ibama, que somam (em 17/04/2023) 169.440 MW (EPE, 2023).

2.2.3 Capacidade instalada atual de geração eólica no Brasil

Levantamento realizado junto ao Sistema de Informações de Geração da Aneel – SIGA indica que o Brasil dispunha, em 01/03/2023, de 904 usinas eólicas em operação, com capacidade instalada de 25.211 MW (ANEEL, 2023a). Desse montante, 777 estão localizadas nos estados do Nordeste, somando 23.097 MW, 91,6% do total. O Rio Grande do Norte, com 7.434,6 MW (29,5%), e a Bahia, com 7.319,4 MW (29,0%), são os estados com maior participação na potência eólica instalada no Brasil (**Figura 2**).

Além das usinas em operação, de acordo com a Aneel/SIGA, em 01/03/2023, outros 5,4 GW de empreendimentos eólicos estavam em construção e mais 14,4 GW com construção ainda não iniciada, mas com outorga concedida (ANEEL, 2023a). Ressalta-se que, embora essas usinas já tenham outorga, algumas provavelmente não serão implementadas.

Figura 2 – Potência eólica instalada nos estados brasileiros – Posição: 01/03/2023



Fonte: Aneel (2023a). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: 1) Dados referem-se à potência outorgada de usinas eólicas em operação;

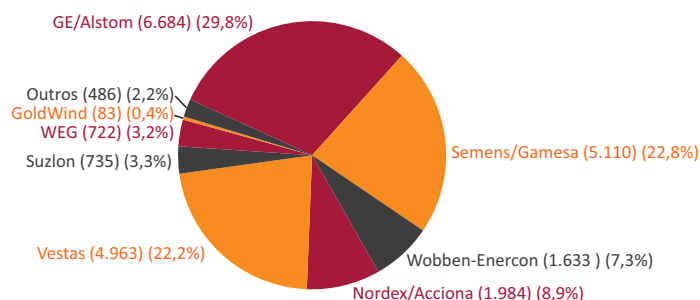
2) Informados apenas valores dos estados com potência superior a 1 MW.

2.3 Market Share do mercado de aerogeradores no Brasil

Concernente à cadeia produtiva de equipamentos eólicos no Brasil, consta no *site* da ABEEólica (2023) seis fabricantes de aerogeradores de grande porte (Acciona, GE, Nordex-Acciona, Simens-Gamesa, Vestas e Weg), diversos produtores de pás, peças e componentes, além de empresas de engenharia, consultoria e construção.

No Brasil, tendo por base os parques eólicos já instalados, apenas três fabricantes foram responsáveis por cerca de três quartos do fornecimento de aerogeradores de grande porte: Semens-Gamesa, Vestas e GE/Alstom, cabendo a liderança a esta última (**Gráfico 6**).

Gráfico 6 – Participação dos principais fabricantes de aerogeradores nos projetos eólicos em operação no Brasil – Maio/2022



Fonte: Adaptado de ePowerBay (2023) por BNB/Etene.

No que se refere à geração distribuída com utilização da fonte eólica, é muito tímida a inserção no Brasil. Com efeito, até 06/04/2023, existiam no País apenas 94 usinas de micro e minigeração distribuída (MMGD) que utilizam a fonte eólica, totalizando 17,2 MW. Dentre os estados brasileiros, cabe

destaque ao Ceará, que reúne 32 usinas e 96,5% da capacidade instalada de geração eólica do País em geração distribuída (**Tabela 2**). Enquanto isso, atualmente, existem em operação no Brasil mais de 1,8 milhão de usinas fotovoltaicas de MMGD, totalizando quase 20 GW de potência (ANEEL, 2023b). Dentre as razões da pouca adesão à geração eólica distribuída, figuram o custo mais elevado do kWh gerado e o fato dos aerogeradores possuírem peças móveis, que geram ruídos e desgastes, requerendo maior manutenção.

Tabela 2 – Projetos eólicos de geração distribuída nos estados brasileiros – Posição: 06/04/2023

UF	Quantidade de usinas	Potência (kW)
CE	32	16.607,26
SC	19	211,60
RN	7	118,90
SP	7	83,15
ES	4	57,00
PR	8	59,10
RS	8	42,70
AM	1	12,60
BA	2	8,20
PA	3	7,34
PE	1	3,30
PB	1	2,40
RJ	1	1,00
TOTAL	94	17.214,55

Fonte: Aneel (2023b). Elaboração: BNB/Etene.

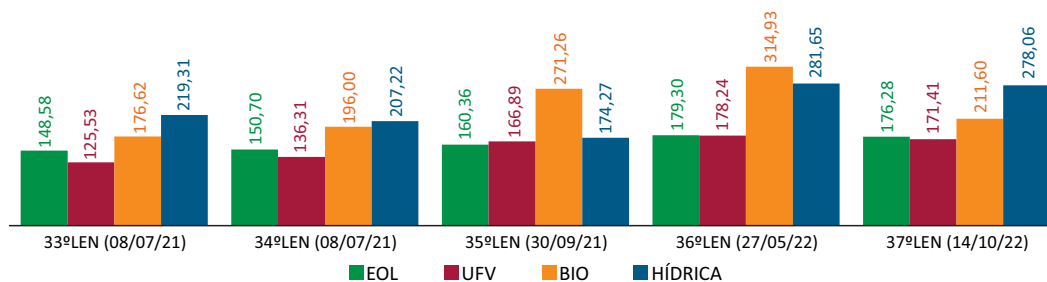
3 Competitividade da Fonte Eólica no Brasil

3.1 Evolução do preço da energia gerada pela fonte eólica

A competitividade da geração eólica se confirma pelo sucesso alcançado nos leilões, nos quais os projetos que utilizam essa fonte energética têm alcançado posição de destaque, em razão de seus preços por MWh estarem entre as melhores opções. Em função de sua elevada competitividade, a fonte eólica tem aumentado sua participação na matriz elétrica do Brasil, principalmente a partir de 2014, conforme já mencionado. Esse cenário de vultosos investimentos em geração eólica no País, particularmente no Nordeste, tende a permanecer no futuro, mantendo aquecido o mercado de equipamentos e serviços nessa área.

Nos Leilões de Energia Nova (LEN) promovidos pela Aneel em 2021 e 2022, as fontes de energia eólica e solar obtiveram os menores patamares de preço, comparativamente às outras fontes contempladas nos certames (biomassa, hídrica e resíduo sólido urbano) (**Gráfico 7**).

Gráfico 7 – Preços médios por fonte nos Leilões de Energia Nova (LEN) realizados em 2021 e 2022 (R\$/MWh)



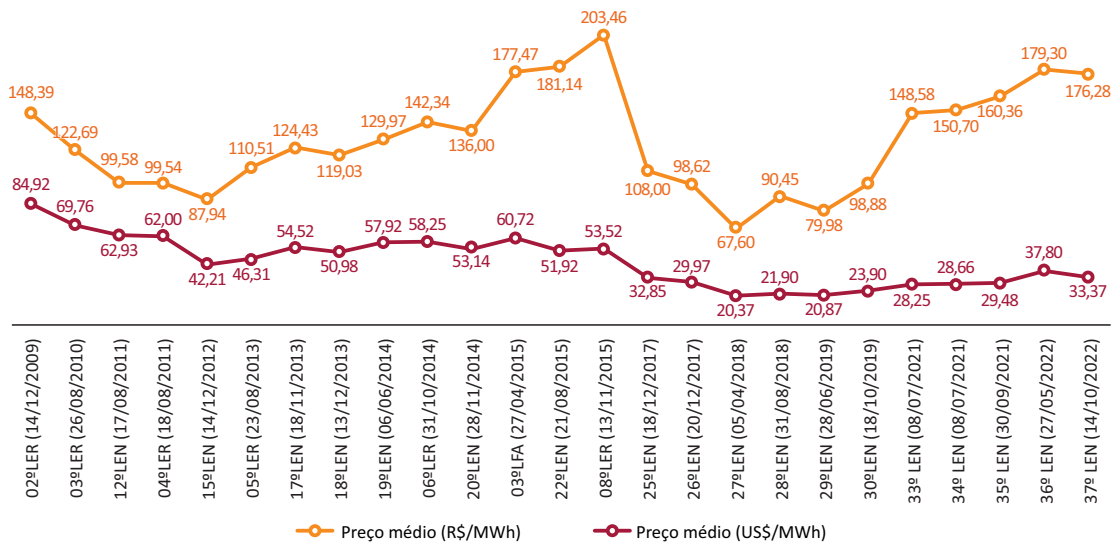
Fonte: CCEE (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: 1) A fonte hídrica compreende CGH, PCH e UHE;

2) Não foram considerados projetos de Resíduo Sólido Urbano (RSU).

Desde 2009, quando as primeiras usinas eólicas foram aprovadas nos leilões realizados pelo Governo Federal, os preços do MWh desta fonte vêm apresentando tendência de queda, quando analisados em dólar. Computado na moeda norte-americana, o preço médio do MWh reduziu 60% entre o primeiro e o último leilões com projetos eólicos aprovados, contribuindo para elevar, sobremaneira, a competitividade dessa fonte energética no Brasil. Contudo, em um recorte mais recente, a partir de 2018, os preços em dólar do MWh têm apresentado tendência de alta, alcançando US\$33,37 no 37º LEN. Quando mensurados em reais, os preços oscilaram entre períodos de baixa e períodos de alta (**Gráfico 8**).

Gráfico 8 – Preços médios dos projetos eólicos aprovados nos leilões realizados pelo Governo Federal

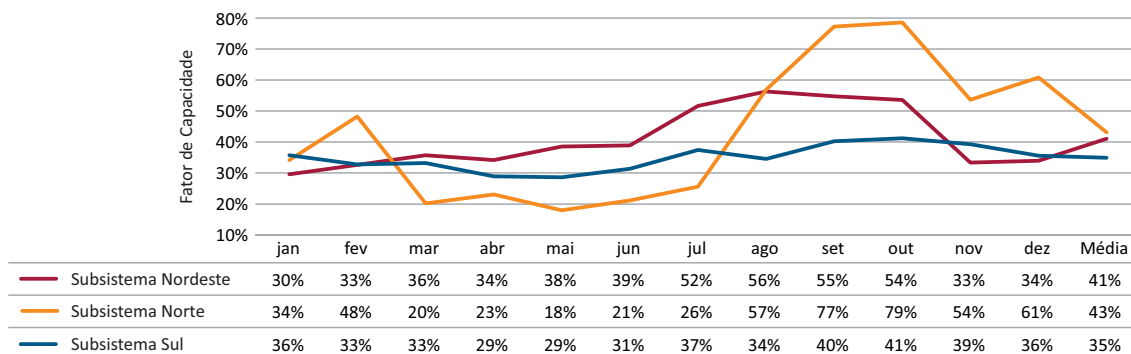


Fonte: CCEE (2023) e Banco Central do Brasil (2023). Elaboração: BNB/Etene.
 Notas: Valores em reais correspondem aos preços históricos médios do MWh da fonte eólica obtidos nos leilões.
 Legenda: LER – Leilão de Energia de Reserva; LEN – Leilão de Energia Nova; LFA – Leilão de Fontes Alternativas.

3.2 Fator de capacidade

Como forma de se ter uma ideia do desempenho dos empreendimentos eólicos implantados no Brasil, apresentam-se, no **Gráfico 9**, os valores médios mensais do fator de capacidade¹ observados em 2022 nos Subsistemas Nordeste, Norte e Sul. Neste último, como se observa, a volatilidade é menor ao longo do ano. Já nos Subsistemas Nordeste e Norte, a geração mais expressiva de energia ocorre no segundo semestre. Cabe ressaltar que, no Subsistema Norte, o fator de capacidade foi mensurado com base no desempenho do Conjunto Eólico Paulino Neves (único existente em 2022), localizado no litoral do Maranhão, que obteve incríveis 79% em outubro. Em 2022, a média mensal do fator de capacidade foi de 43% no Subsistema Norte, 41% no Subsistema Nordeste e 35% no Subsistema Sul. Isto explica, em grande parte, a prevalência dos estados da Região Nordeste nos investimentos do setor eólico.

Gráfico 9 – Fator de capacidade médio mensal de usinas eólicas, por subsistema do SIN, no ano de 2022



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2023b).
 Elaboração: BNB/Etene.

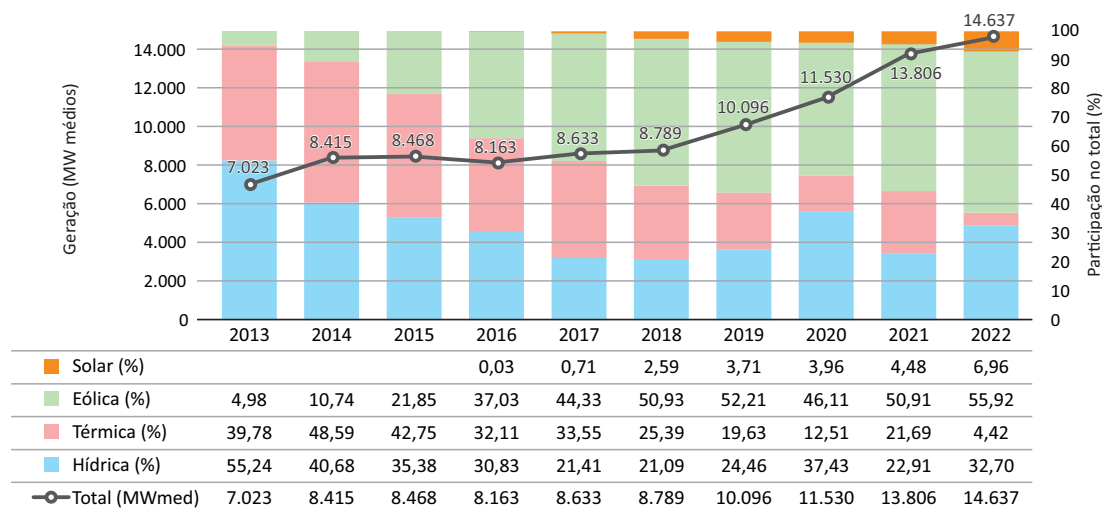
Nota: No Subsistema Norte, apenas o Maranhão possui usinas eólicas, no caso, o Conjunto Eólico Paulino Neves (único existente em 2022).

1 Fator de capacidade representa a relação entre a energia produzida e a capacidade nominal de geração de uma instalação ou conjunto de instalações, em um determinado espaço de tempo.

3.3 Evolução da participação da fonte eólica na geração de energia no Subsistema Nordeste

No Subsistema Nordeste² do SIN, a geração de energia elétrica alcançou 14.637 MW médios em 2022. Desse montante, a fonte eólica participou com 55,92%. Ao longo do decênio 2013-2022, a fonte eólica tem elevado de forma expressiva a sua participação na geração de energia elétrica do Subsistema Nordeste (**Gráfico 10**). Considerando os parques eólicos em implantação e a ausência de novos projetos de usinas hidrelétricas, a tendência é cada vez mais a fonte eólica aumentar a sua participação na geração elétrica regional.

Gráfico 10 – Evolução da participação das fontes na geração de energia elétrica do Subsistema Nordeste – 2013-2022 (%)



Fonte: ONS (2023a). Elaboração: BNB/Etene.

4 Apoio do Banco do Nordeste à Energia Eólica

O Banco do Nordeste tem sido um dos principais agentes financeiros no apoio à geração eólica no Brasil. De 2017 e 2022, o BNB contratou operações que somam mais de R\$ 18 bilhões para a implantação de empreendimentos eólicos em sua área de atuação. Para os anos seguintes, o Banco tende a continuar apoiando novos projetos, tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), como também no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

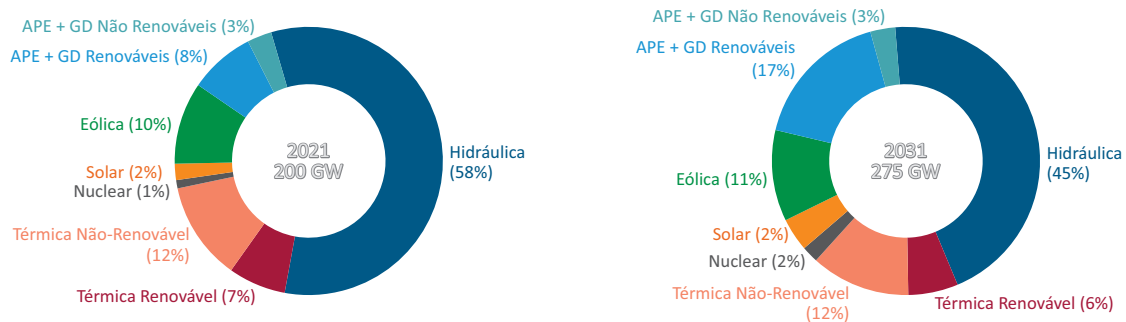
Os financiamentos são efetuados com recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste, por meio do Programa FNE Verde-Infraestrutura e do Programa de Financiamento à Infraestrutura Complementar da Região Nordeste – FNE Proinfra. Na área de energia, o FNE Proinfra financia a geração, transmissão e distribuição de energia oriunda de fontes convencionais e de fontes renováveis. Financia também projetos de infraestrutura de saneamento básico (água, esgotamento sanitário etc.), transporte e logística, telefonia, exploração de gás natural etc. Maiores detalhes sobre os Programas FNE Verde e o FNE Proinfra podem ser obtidos na página do BNB na internet (www.bnb.gov.br).

5 Perspectivas da Geração Eólica no Brasil

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (MME; EPE, 2022), a fonte eólica terá participação de 11% da matriz elétrica brasileira em 2031. Em 2021, participou com 10% da potência de geração elétrica do País. No horizonte do Plano, prevê-se serem implantados no Nordeste 10.689 MW de potência eólica, sendo 6.345 MW já contratados (183 parques) e 4.344 MW como indicativo (MME; EPE, 2022, p. 330). A fonte hidráulica, embora continue preponderante em 2031, terá paulatina redução na sua participação na matriz elétrica do Brasil (**Gráfico 11**). Esses dados revelam *per se* que o mercado eólico no País tende a crescer de forma expressiva nos próximos anos, abrindo espaço para a geração de oportunidades em toda a cadeia produtiva.

² O Subsistema Nordeste é formado por todos os estados nordestinos, exceto o Maranhão.

Gráfico 11 – Evolução da composição da capacidade instalada total de geração de energia elétrica por fonte



Fonte: MME; EPE (2022).
Nota: Inclui parcela da UHE Itaipu pertencente ao Paraguai.

Considerando a expansão prevista no Plano Decenal, estima-se que os investimentos até 2031 em novos empreendimentos eólicos no Nordeste demandarão, no cenário de referência, recursos da ordem de R\$53,4 bilhões³, o que certamente gerará grandes oportunidades de financiamentos na Região.

Cabe destacar que está sendo fomentado *hubs* de hidrogênio verde em vários estados nordestinos. Em se concretizando, a demanda de energia renovável será ainda mais expressiva, requerendo a implantação de novos parques eólicos, inclusive *offshore*.

Sumário Executivo Setorial

Ambiente político-regulatório	O mercado de energia eólica <i>onshore</i> (em terra) dispõe de marco regulatório considerado maduro. Não se visualiza entraves legais que impeçam o desenvolvimento de parques eólicos <i>onshore</i> no Brasil. Resultado disto é que a fonte eólica tem aumentado sistematicamente a sua participação na matriz elétrica do País, ocupando maior espaço tanto no mercado regulado, via projetos aprovados nos leilões oficiais, como também no mercado livre de energia. No que se refere ao segmento eólico <i>offshore</i> , embora já exista o Decreto Nº 10.946, de 25/01/2022, que dispõe “sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento <i>offshore</i> ”, ainda tramita no Congresso Nacional legislação para dar segurança jurídica aos empreendimentos. Nesse sentido, o Projeto de Lei Nº 576, de 2021 visa disciplinar a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético <i>offshore</i> .
Meio ambiente – O efeito das mudanças climáticas	A geração eólica é renovável, limpa, de baixo impacto ambiental e não emite gases de efeito estufa (GEE). Por esta razão, tem sido utilizada como uma importante opção para mitigar os efeitos das mudanças climáticas no mundo, contribuindo para substituir alternativas de geração que utilizam combustíveis fósseis, que são poluentes e emitem GEE. Ante a perspectiva de desenvolvimento da indústria do hidrogênio verde, a geração eólica desponta como uma alternativa promissora a ser utilizada no processo produtivo desta atividade, contribuindo, assim, para a descarbonização da economia. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias – Abeeólica, em 2021, os parques eólicos instalados no Brasil evitaram a emissão de 34,4 milhões de toneladas de CO ₂ na atmosfera, equivalentes ao que emitiria cerca de 34 milhões de automóveis de passeio.
Nível de organização do setor	A cadeia produtiva do setor eólico, formada por empresas de geração eólica de portes médio e grande, fabricantes de aerogeradores, pás, torres e componentes, e empresas de engenharia e de serviços, dentre outras, tem elevado nível de organização. A Abeeólica, fundada em 2002, congrega as empresas geradoras de energia e fabricantes de equipamentos eólicos no Brasil. Quanto à pesquisa na área da energia eólica, diversas universidades realizam atividades de P&D&I no Brasil. Contudo, ante o potencial eólico do País, seria oportuno existir centros de referência no desenvolvimento tecnológico nessa área. O Cresesb/CEPEL poderia ser melhor estruturado neste sentido.
Resultados das empresas que atuam no setor	Considerando uma amostra de 230 empresas de geração eólica com balanços auditados nos anos de 2020, 2021 ou 2022, a margem EBITDA média foi de 63,61%. Metade das empresas tiveram margem EBITDA igual ou superior a 66,54%. Dados disponibilizados pela EMIS.
Perspectivas para o setor	A geração eólica tem experimentado crescimento expressivo no mundo, tendo alcançado 906 GW de potência instalada em 2022, de acordo com o Global Wind Energy Council – GWEC. No decênio de 2013 a 2022, a capacidade instalada de geração eólica evoluiu à taxa média de 12,3% a.a. A tendência é de crescimento anual de dois dígitos nos próximos anos. No Brasil, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (PDE 2031), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, a fonte eólica terá participação de 11% da matriz elétrica brasileira em 2031. Em 2021, participou com 10% da potência de geração elétrica do País. No horizonte do Plano, prevê-se serem implantados no Nordeste 10.689 MW de potência eólica, sendo 6.345 MW já contratados (183 parques) e 4.344 MW como indicativo, de acordo com o PDE 2031. Esses dados revelam que o mercado eólico no País tende a crescer de forma expressiva nos próximos anos, abrindo espaço para a geração de oportunidades em toda a cadeia produtiva.

³ Estimativa baseada na média de investimento por MW para a fonte eólica, observada nos 5 leilões de energia nova realizados em 2021 e 2022 (33ª a 37ª LEN): R\$5,0/MW.

Referências

- ABEEÓLICA. **Números Abeeólica – janeiro de 2019**. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/N%C3%83%C2%BAmoros-ABEE%C3%83%C2%B3lica-01.2019.pdf>>. Acesso: 02 abr. 2023.
- _____. **Associados ABEÉÓlica**. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/nossos-associados/>>. Acesso em 06 abr. 2023.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **BD SIGA**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso: 14 mar. 2023a.
- _____. **Unidades com Geração Distribuída**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>>. Acesso: 06 abr. 2023b.
- APQP4WIND. **Global top 15 wind turbine manufacturers in 2022**. Disponível em: <<https://apqp4wind.org/news/the-apqp4wind-community-now-includes-the-5-largest-oems-in-the-wind-industry#:~:text=According%20to%20Global%20Wind%20Turbine,wind%20turbine%20manufacturers%20in%202022>>. Acesso em 04 abr. 2023.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <<https://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>>. Acesso: 04 abr. 2023.
- CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados de leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso: 14 mar. 2023.
- CEPEL - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas do potencial eólico brasileiro: simulações 2013. **Mapas temáticos: velocidade média anual do vento a 100 m de altura (m/s)**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2017. Disponível em: <<http://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/03/4.MapasTematicos-Velocidade100m.pdf>>. Acesso: 05 jun. 2023.
- EPE. **Roadmap eólica offshore Brasil: perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima**. Rio de Janeiro: 30 de abril de 2020. 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 02 abr. 2023.
- _____. **Potência dos projetos offshore em licenciamento no IBAMA**. Disponível em: <<https://gisepepr2.epe.gov.br/arcgisportal/apps/webappviewer/index.html?id=61f75ef2930540ee962c26d3acfe41e1>>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- EPOWERBAY. Fabricantes de aerogeradores: os maiores em operação no Brasil – 2022. Disponível em: <<https://www.epowerbay.com/single-post/fabricantes-de-aerogeradores-os-maiores-em-operacao-no-brasil-2022>>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- GWEC - GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global wind report 2023**. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2023/03/GWR-2023_interactive.pdf>. Acesso em 28 mar. 2023.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME/EPE, 2022. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Histórico da geração (banco de dados)**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 14 mar. 2023a.
- _____. **Fator de Capacidade Médio Mensal - Simplificado**. Disponível em: <<https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/fator-capacidade.aspx>>. Acesso em: 06 abr. 2023b.
- PEREIRA, E. B. **Segurança energética: perspectivas no enfrentamento às mudanças climáticas globais**. In: Conferência Internacional do INCT para Mudanças Climáticas. São Paulo, 28 a 30 de setembro de 2016. [Apresentação]. Disponível em: <<https://fapesp.br/eventos/2016/09/inct/ENIO.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

Todas as edições do caderno setorial disponíveis em:

<https://www.bnb.gov.br/etene/caderno-setorial>

Conheça outras publicações do ETENE

<https://www.bnb.gov.br/etene>