

ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: A CONTRIBUIÇÃO DO NORDESTE E DO RIO GRANDE DO NORTE NA DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA

Maria Eduarda Medeiros da Silva

Graduanda em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa). Membro do Grupo de Pesquisa "Laboratório em Economia da Transição Energética" (Laete). Bolsista de Iniciação Científica na Ufersa.

E-mail: eduardamdrs0@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0004-3742-4584>

José Alderir da Silva

Bacharel e mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e doutor em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), lotado no Departamento de Engenharias (Denge). Líder do Grupo de Pesquisa "Laboratório em Economia da Transição Energética" (Laete).

E-mail: jose.silva@ufersa.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1514-6999>



Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional

Como citar este artigo: Silva, M. E. M. da, & Silva, J. A. da (2024). Energia eólica no Brasil: A contribuição do Nordeste e do Rio Grande do Norte na diversificação da matriz energética. *Revista de Economia Mackenzie*, 21(2), 142-170. doi:10.5935/1808-2785/rem.v21n2p.142-170

Recebido em: 15/5/2024

Aprovado em: 10/8/2024

Resumo

Diversificar a matriz energética consiste no uso de múltiplas fontes para gerar eletricidade para uma nação. Essa abordagem é crucial para garantir que a população e o país estejam preparados para enfrentar crises potenciais em uma das fontes de energia, pois haverá outras disponíveis para suprir as necessidades energéticas. Na matriz energética brasileira, há uma grande variedade de fontes de energia, sendo considerada uma das mais limpas do mundo devido à grande participação de fontes renováveis, como é o caso da eólica. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar o processo de diversificação da matriz elétrica do país e a participação da energia eólica nesse processo. Portanto, a pesquisa apontará as vantagens e desvantagens da energia eólica, ao mesmo tempo que mostrará a importância da diversificação da matriz energética para o país e a ação de complementariedade da energia eólica em relação à fonte hidrelétrica. O método adotado foi uma análise qualitativa fazendo uso de uma estratégia dedutiva, analisando primeiro o mundo, o Brasil, o Nordeste e, por fim, o Rio Grande do Norte. Assim, parte-se de uma análise geral para uma análise específica no que diz respeito ao processo de diversificação da matriz elétrica do país.

Palavras-chave: Diversificação; energia limpa; fonte renovável; matriz energética; transição energética.

Classificação JEL: Q41, Q42, Q21.

INTRODUÇÃO

Desde o princípio da civilização o homem usa a energia dos ventos em seu benefício, seja para moer grãos ou bombear água. A Pérsia foi o primeiro lugar com registro histórico do uso dos moinhos; com o tempo, essa tecnologia se espalhou por todo o mundo, e as pessoas foram encontrando novas funções e

meios de utilização, como serrarias, prensas de grãos e fábricas de papel. Com o avanço das décadas, as tecnologias se modificaram positivamente, e, no atual cenário do século XXI, essa tecnologia tem sido bastante utilizada na geração de eletricidade por meio de aerogeradores, conforme destacam Cunha et al. (2019).

Segundo Alves (2010), o Brasil é um país com um vasto potencial eólico no mundo e, por conta disso, chama a atenção de outros países com grande envolvimento na produção de energia eólica. Devido aos ventos fortes, principalmente no Nordeste, o Brasil é de grande interesse dentro das perspectivas de expansão desse mercado, tornando-se ponto estratégico para a construção de aerogeradores.

De acordo com Silva (2023), a primeira turbina eólica no Brasil foi instalada em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, em Pernambuco, resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (Celpe), mas teve um desenvolvimento inicial limitado. Em resposta à crise energética de 2001, surgiu em 2002 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o qual desempenhou um papel crucial no impulsionamento da produção de eletricidade por meio da eólica no Brasil.

Levando em consideração o aumento exponencial do uso de turbinas eólicas para geração de eletricidade no país, este estudo tem por motivação entender como se deu o início dessa geração no Brasil, quanto é gerado de energia para o país e em qual região está concentrada a maior parte da geração de energia eólica.

Atualmente o Brasil vem chamando a atenção pela capacidade de produzir energia elétrica por meio dos ventos, contudo é importante entender como esse meio de gerar eletricidade surgiu no país e quanto tem contribuído para garantir a segurança energética brasileira.

De todo o potencial eólico que o Brasil oferece, o Nordeste é a região onde se manifesta a maior concentração desse potencial. Nesse cenário, lideram os estados do Rio Grande do Norte e da Bahia, que são os mais representativos do Brasil e estão ainda em seu processo de expansão provocado pelos incentivos governamentais por causa do grande potencial de vento em seu litoral.

Com tantos problemas enfrentados pelo mundo em relação ao meio ambiente e ao que as energias não renováveis fazem com ele, é de suma importância que seja falado sobre as energias que não degradam o meio ambiente, as energias renováveis. Com a frequente expansão da energia eólica no Brasil, são importantes a compreensão e a ciência da população a respeito desse

tema, como também se faz necessário entender o papel do Nordeste no meio da potência brasileira de geração de eletricidade.

É pensando na segurança e no fornecimento de energia para o país que existe a diversidade da matriz energética. Conforme Pereira (2021), um país rico em dimensão territorial, volume de água, irradiação solar, alta velocidade dos ventos, ondas agitadas e solo fértil, como o Brasil, não poderia deixar de prover energia limpa de diversas fontes energéticas.

Diante desse contexto, como a energia eólica contribuiu para a diversificação da matriz energética brasileira e para a segurança energética do país? Qual é a importância do Nordeste e do Rio Grande do Norte nessa diversificação? O principal objetivo desta pesquisa é entender a importância da energia eólica no processo de diversificação da matriz energética brasileira, identificando o papel do Nordeste e do Rio Grande do Norte como principais geradores da energia proveniente dos ventos.

Como objetivos específicos, este estudo busca descrever como se deu o início da geração de eletricidade por meio de aerogeradores no Brasil, identificar o potencial de geração de energia eólica entre os estados produtores, verificar qual a importância dessa fonte como complementar à fonte hidrelétrica e, por fim, analisar a evolução da eólica no Brasil, no Nordeste e no Rio Grande do Norte.

As informações obtidas sobre a geração de eletricidade por esse meio podem levar ao desenvolvimento de políticas públicas e conhecimento para que a população possa entender como funciona a energia eólica no Brasil desde a sua primeira turbina instalada até o atual cenário, de modo a promover a compreensão da importância tanto na visão nacional quanto na global. Dessa forma, é possível identificar que este estudo sobre energia eólica no Brasil pode impactar direta ou indiretamente as pessoas com o mesmo interesse histórico de como essa fonte chegou ao país e o quanto é gerado por ela atualmente, trazendo uma maior conscientização quanto aos benefícios do uso das energias limpas para o mundo.

Em termos gerais, o método adotado será uma análise qualitativa fazendo uso de uma estratégia dedutiva, analisando primeiro o mundo, o Brasil, o Nordeste e, por fim, o Rio Grande do Norte. Assim, parte-se de uma análise geral para uma análise específica no que diz respeito ao processo de diversificação da matriz elétrica do país.

Para alcançar os objetivos propostos, este artigo está dividido em mais seis seções, além desta introdução. A próxima seção descreve a evolução da ener-

gia eólica no mundo e seus principais produtores. Na seção seguinte, analisam-se o processo histórico da energia eólica no Brasil e suas matrizes energética e elétrica. Nas duas seções seguintes, faz-se uma análise do Nordeste e do Rio Grande do Norte e de suas respectivas contribuições na matriz elétrica do Brasil. Por fim, apresentam-se as considerações finais.

1

ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

As primeiras atividades desenvolvidas no mundo pela energia dos ventos têm uma história milenar, dando início há mais de três mil anos, evidenciando sua presença desde o antigo Egito e a Grécia. Esse tipo de energia foi crucial no desenvolvimento das navegações, que serviram para grandes descobertas na sociedade.

Segundo Leitão (2019), os moinhos de vento, considerados mais uma forma de utilização do vento, tornaram-se muito populares no século XVII, e, em 1750, havia oito mil moinhos em operação na Holanda. Com a Revolução Industrial, a quantidade de moinhos diminuiu. Alguns holandeses migraram levando consigo essa tecnologia, e logo os moinhos foram se espalhando pelo mundo inteiro. Utilizados na moagem de grãos, como cevada e trigo, no bombeamento de água e na produção da farinha, também contribuíram para a produção de papel, entre outras funções. Em 1854, o primeiro moinho de vento comercial foi criado pelo mecânico Daniel Halladay.

De acordo com Martins et al. (2008), houve o grande desenvolvimento dos moinhos de vento no final do século XIX, passando a ter mais uma função: gerar energia elétrica. As primeiras turbinas foram criadas na Dinamarca por companhias de equipamentos agrícolas, possuindo a capacidade de gerar de 30 a 55 kW. Contemporaneamente, a Dinamarca lidera a produção de turbinas eólicas.

Com a crise do petróleo em 1970, surgiu um maior interesse em desenvolver essa fonte de eletricidade, e, em 1976, a primeira turbina eólica comercial vinculada à rede pública foi instalada. Alguns países, como Dinamarca, Holanda, Suécia e Estados Unidos, começaram a investir no desenvolvimento dessa energia. Assim, a energia eólica foi aos poucos sendo inserida no mundo. A China foi o principal país responsável pelo crescimento mundial da produção de energia eólica e, em 2009, possuía 40% das turbinas instaladas no mundo. Em

2013, a China teve um aumento significativo de potência instalada se comparado a outros países, expandindo sua potência instalada em 16,1%, tendo o segundo país, a Alemanha, expandido 3% (Cunha et al., 2019).

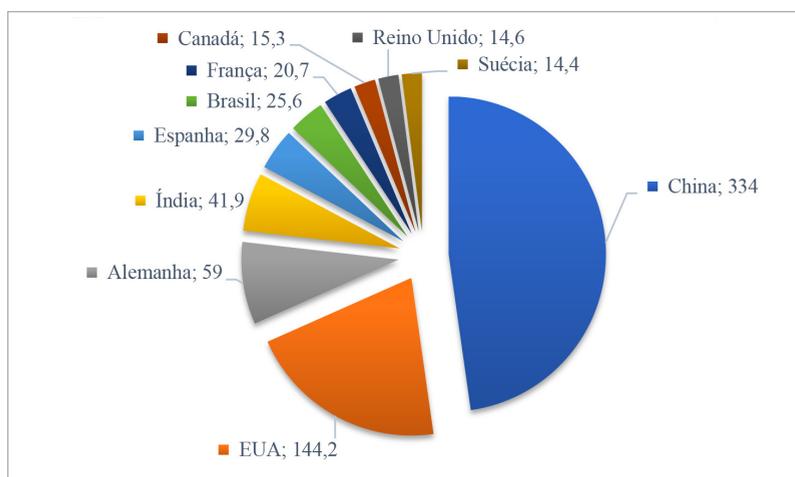
Abreu et al. (2014) destacam que os principais motivos para o crescimento da energia eólica no mundo são as preocupações com as mudanças climáticas e a adoção de práticas de responsabilidade social. Quanto maior for o uso da força dos ventos para gerar eletricidade, menor a dependência por fontes não renováveis, consequentemente causando a redução de gases de efeito estufa e impactos negativos para o planeta.

Atualmente, a liderança da capacidade instalada de energia eólica está com a China, seguida dos Estados Unidos e da Alemanha. Segundo Macedo (2017), em 1997 apenas três países tinham a capacidade eólica instalada acima de 1.000 MW, sendo eles Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha. Em 2014, esse número subiu para mais de 20 países.

No *ranking* mundial de capacidade eólica instalada *onshore* (em terra) para o ano de 2022, como é possível observar na Figura 1, o Brasil aparece em sexto lugar, ficando atrás de países como China, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha, com 25,6 GW instalados.

Figura 1

Ranking da capacidade eólica instalada no mundo em 2022 (GW)



Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEólica (2022b).

De acordo com Campos e Souza (2016) e Salino (2011), que abordam o crescimento eólico e as políticas implementadas nos principais países produtores de energia eólica, a China passou por três fases: 1. a importação da energia eólica para experimento, 2. o estabelecimento de políticas públicas para promoção da indústria e 3. a Lei de Energias Renováveis e a Reforma da Indústria Elétrica, que impulsionaram o desenvolvimento eólico do país. Em 1996, a China deu início às políticas de incentivo com o *Ride the Wind Program*, que consiste em importar tecnologia de outros países para manter um mercado de turbinas eólicas de alta qualidade. Em 2005, foi criada a Lei da Energia Renovável, que consiste na compra de energia eólica e oferece incentivo financeiro como um fundo nacional.

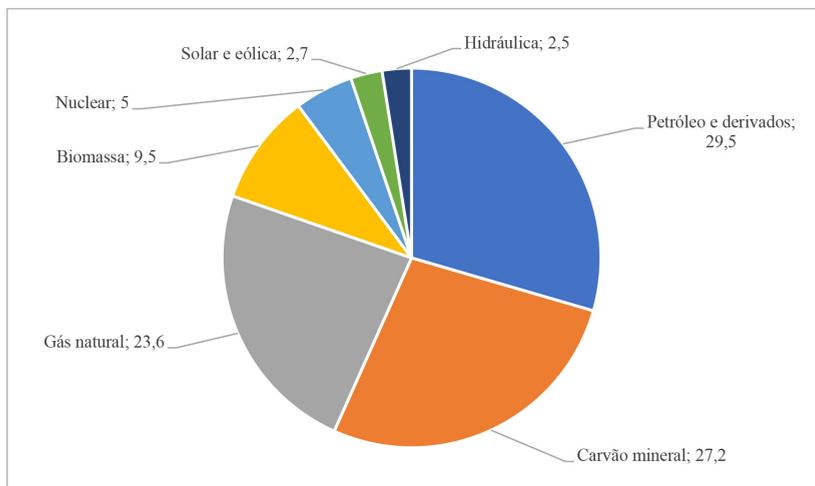
O crescimento da energia eólica nos Estados Unidos se deve às políticas de incentivo, como o *Renewables Energy Production Tax Credit* (PTC), no âmbito federal, que consiste em ofertar crédito em dólar por cada KWh de energia eólica produzida, e o *Renewables Portfolio Standards* (RPS) no âmbito estadual, regulamento que exige o aumento do uso de fontes renováveis na geração de eletricidade.

Na Alemanha, as leis de incentivo e o sistema tarifário promoveram o crescimento eólico, o que tornou o país o maior mercado europeu devido aos investimentos nas inovações tecnológicas do setor, no aumento da oferta de energia e na segurança tarifária. Em 1980, foi criado o programa de 100/250 kW, que dava subsídios ao investimento nesse setor. Em 2000, a Lei de Energias Renováveis tinha como objetivo aumentar a participação das energias limpas na matriz do país, partindo de 5% para 10% até 2010. Em 2009, essa porcentagem já ultrapassava o objetivo com 10,1%.

Existe uma grande dúvida a respeito da diferença entre matriz energética e matriz elétrica. A primeira é o conjunto de fontes de energia utilizadas no dia a dia, seja para movimentar carros, cozinhar ou gerar eletricidade; já a elétrica, como o nome indica, é o conjunto utilizado somente para geração de eletricidade. Sendo assim, é correto afirmar que a matriz elétrica está dentro da matriz energética (Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Figura 2

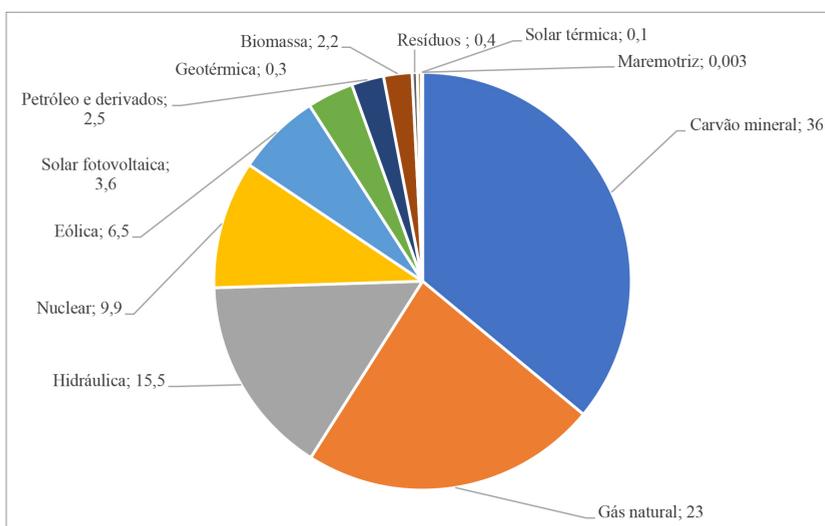
Matriz energética mundial – 2021



Fonte: Adaptada de Empresa de Pesquisa Energética (2019).

Figura 3

Matriz elétrica mundial – 2021



Fonte: Adaptada de Empresa de Pesquisa Energética (2019).

Na Figura 2, é possível analisar que as fontes não renováveis compõem a maior parte da matriz energética mundial. Somando as fontes solar, eólica, biomassa e hidráulica, as fontes renováveis chegam a somente 15% do total da matriz.

O gráfico da Figura 3 mostra a matriz elétrica mundial, em que é notável o maior uso de combustíveis fósseis, como carvão e gás natural. Totalizando quase 72% de fontes não renováveis e 28% renováveis.

A uso da energia eólica vem crescendo consideravelmente ao longo das décadas, tendo uma participação significativa em muitos países, incluindo o Brasil, que ganha destaque nessa perspectiva com condições favoráveis de vento, gerando uma quantidade significativa de energia para o país. Isso indica que a população mundial está cada vez mais preocupada em buscar fontes limpas e sustentáveis, contribuindo para a redução de impactos ambientais. Assim, a próxima seção analisa o processo histórico da energia eólica no Brasil.

2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil é um país rico em volume de água, dimensão territorial, velocidade dos ventos, entre outros fatores, que o levam a ser considerado um lugar adequado para geração de eletricidade. Por ser totalmente capaz de prover energia limpa de diversas fontes, ganha o título de um dos países com a matriz energética mais limpa do mundo. Nessa concepção, a energia eólica vem ganhando destaque, pois, além de ser muito útil para a segurança energética do país, é uma das fontes que mais têm crescido nos últimos anos.

Já na década de 1970, o Brasil se tornou alvo de estudos envolvendo a geração de energia por meio da eólica. Entre 1976 e 1977, realizaram-se medições anemométricas (coletas de dados de direção, velocidade, constância e outras variáveis climáticas) em aeroportos brasileiros que indicaram a eólica como uma fonte viável no litoral do Nordeste e no arquipélago de Fernando de Noronha, onde em 1992 foi instalada a primeira turbina que gerou o equivalente a 225 kW, sendo pioneira em operação comercial na América do Sul (Pinto & Santos, 2019).

Por conta dos resultados promissores dos testes com os aerogeradores e da dificuldade vivenciada pelo país, o governo brasileiro, com o intuito de investir em programas de incentivos à energia proveniente de fontes limpas, criou

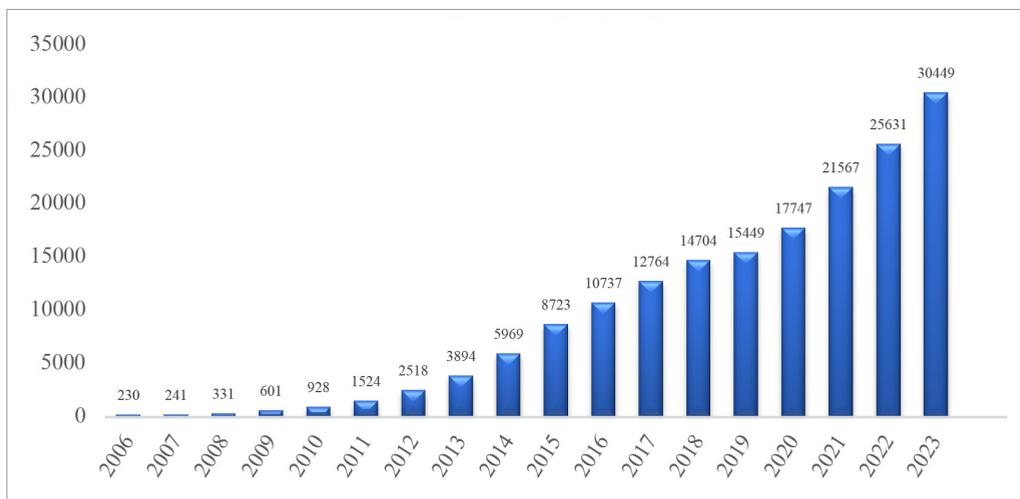
em julho de 2001 o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica). Conforme Pêgo Filho et al. (2001), a criação desse programa se deu em decorrência de uma crise energética no Brasil, que ocorreu no mesmo ano, em que as principais hidrelétricas sofreram com baixos índices pluviométricos, episódio que, de acordo com Cechin (2017), exibiu a fragilidade do setor energético brasileiro. A crise mobilizou todos, e, após o que foi vivenciado em 2001, o governo passou a incentivar projetos de conservação de energia. No entanto, por não obter o resultado esperado, o Proeólica foi substituído, em abril de 2002, pelo Proinfa.

Em 2002, com a criação do Proinfa, o Brasil deu um grande passo rumo à diversificação da matriz energética, objetivando o aumento na segurança com a contratação de projetos elétricos, o desenvolvimento tecnológico e a criação de empregos. O intuito inicial do programa era fomentar a instalação de 3.300 MW distribuídos de maneira igualitária entre as três fontes escolhidas, como a eólica, as pequenas centrais de hidroelétricas (PCH) e a biomassa, embora os projetos de biomassa tenham sido insuficientes para gerar os 1.100 MW planejados e novas contratações tenham sido feitas para alcançar a meta estabelecida em lei. O resultado disso foi 1.192,24 MW de 63 PCH, 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas e 685,24 MW de 27 usinas de biomassa. O programa, que tinha data de validade, teve seu término prorrogado algumas vezes ao longo dos anos, porém segue ativo nos dias atuais (Lopes, 2011).

De acordo com os boletins anuais, obtidos no *site* oficial da ABEEólica, em 2009 foi contratado 1,8 GW de potência instalada, e, depois disso, a capacidade acumulada tem crescido ao longo dos anos. O ano de 2017 terminou com a capacidade de 12,77 GW, com o Brasil ocupando o oitavo lugar no *ranking* mundial de capacidade eólica instalada. Em 2020, subiu para o sétimo lugar, com 17,75 GW de capacidade acumulada. Em 2021, chegou a 11,8% e se consolidou como a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira, com 21,57 GW de potência instalada e ocupando o sexto lugar no *ranking* mundial. Ao final de 2023, a capacidade se acumulou em 30,45 GW, com 14,8% de representatividade na matriz elétrica brasileira. A Figura 4 mostra a evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil entre 2006 e 2023.

Figura 4

Evolução da capacidade total instalada de energia eólica no Brasil em MW



Fonte: ABEEólica (2022a).

A comercialização da energia eólica no Brasil acontece por meio de leilões, que são definidos como um mecanismo de negociação que institui uma dinâmica que leva à descoberta do preço de um bem. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é responsável por realizar esses leilões de compra e venda, além de definir o preço, desenvolver e aprimorar as regras do mercado, sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) responsável por regular as atividades da CCEE (Costa & Quinteiros, 2012). A fonte eólica tem se mostrado competitiva no mercado, em que, nos últimos anos, obteve um número alto de projetos aprovados.

Conforme Correia et al. (2006), o modelo do mercado de energia foi desenvolvido para que compradores e vendedores determinassem seus negócios em um Ambiente de Contratação Regulado (ACR), que tem o objetivo de contratar energia para suprir a demanda das distribuidoras que fornecem eletricidade aos consumidores finais, e em um Ambiente de Contratação Livre (ACL), que objetiva negociar diretamente entre geradores e consumidores.

O primeiro leilão de energia realizado para a fonte eólica aconteceu em 2009 e desde então vem se desenvolvendo significativamente. Entre 2009 e

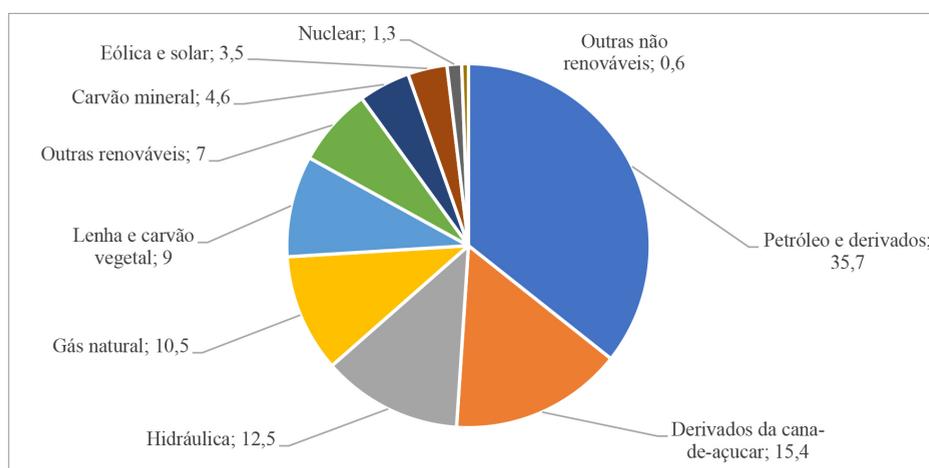
2012, houve seis leilões com a participação da eólica, em que foram contratados 7 GW para novos projetos. Em decorrência desses projetos, segundo Melo (2013), o ano de 2011 foi marcado pelo incremento da energia eólica na matriz energética brasileira.

De acordo com os resultados obtidos por Civitarese (2022), que comparou o desenvolvimento da geração eólica com e sem a participação da fonte nos leilões, é possível concluir que a eólica pôde se desenvolver três vezes de forma mais rápida no país graças aos leilões, somando 46.773 GWh à matriz energética, o que a tornou mais diversificada e mais segura. A maioria dos projetos aprovados nos leilões é destinada ao Nordeste, região que mais contribui para a geração de energia eólica no Brasil. Em 2022, a região gerou 70,48 TWh com 90,3% de representatividade, tendo um aumento de 12% em relação ao ano anterior, quando gerou 63,20 TWh com 88,7% da produção total.

Diferentemente da matriz energética mundial, que é composta sobretudo por fontes não renováveis, como carvão, gás e petróleo, a brasileira tem quase metade da sua ocupação composta por fontes renováveis de energia e é bastante diversificada, como mostra a Figura 5. Em 2021, enquanto o Brasil produzia 44,8% de energia renovável, o mundo produzia 14,7.

Figura 5

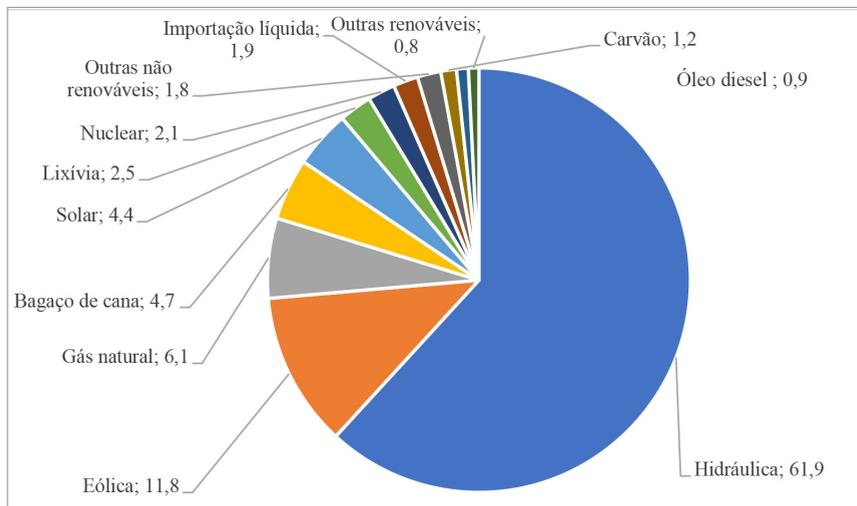
Matriz energética brasileira em 2022



Fonte: Adaptada de Empresa de Pesquisa Energética (2019).

Figura 6

Matriz elétrica brasileira em 2022



Fonte: Adaptada de Empresa de Pesquisa Energética (2019).

A matriz elétrica brasileira ainda consegue ser mais limpa que a matriz energética, sendo mais da metade da energia elétrica do Brasil gerada por meio de usinas hidrelétricas. A segunda fonte que mais produz é a eólica, que tem crescido exponencialmente ao longo dos anos, dando suporte à hidrelétrica, o que pode ser analisado na Figura 6. Quando se comparam também a matriz elétrica mundial e a brasileira em 2021, nota-se que o Brasil produziu 84,8% renovável, e o mundo, 28,1%.

O Brasil possui grande extensão territorial nas regiões mais favoráveis à produção de energia eólica, e a abundância de vento nessas áreas é uma grande vantagem do país. Algumas vantagens da fonte eólica é não ter emissão de poluentes na atmosfera, não consumir combustível, permitir o uso do espaço nos parques eólicos para outros fins, como agrícola e pecuária, e a vida útil das turbinas, que é de aproximadamente 20 anos. Apesar de muitos benefícios, a produção da energia eólica ainda apresenta algumas desvantagens, como o combustível sazonal, os ventos que não podem ser estocados (como a água que pode ser armazenada em reservatórios), o barulho provocado, principalmente quando o monitoramento não é frequente, a área não pode ter muitas

elevações e habitações, o impacto visual e a interferência eletromagnética. Contudo, conforme Bigão (2013), ao passo que a tecnologia vai se desenvolvendo, as desvantagens vão sendo corrigidas.

Diversificar a matriz de um país, principalmente com fontes limpas, deve ser um dos objetivos principais de qualquer governo, pois, dessa forma, a população não se torna dependente de uma única fonte. Essa diversificação ajuda a manter alto o nível de segurança energética e é importante para a economia. Além disso, os impactos ambientais são reduzidos consideravelmente.

A energia eólica demonstrou grande potencial para servir como energia complementar à hidrelétrica. A inclusão de uma energia complementar a outra na matriz energética se dá pela necessidade da minimização dos impactos que podem ser ocasionados por uma grande crise e para que uma energia possa cobrir a deficiência da outra, como no caso da hidrelétrica, que apresenta instabilidade nos períodos de estiagem, sendo exatamente o contrário do que se precisa na produção de energia eólica, já que na Região Nordeste, onde mais se produz, os ventos são mais favoráveis nos períodos da seca. Isso contribui também para a preservação da água nos reservatórios do país, que na seca tem o seu nível reduzido (Silva et al., 2020).

De acordo com a ABEEólica, em relação ao tamanho da indústria eólica do Brasil, o país possui uma capacidade instalada em operação comercial de 31 GW e conta com mais de 11 mil aerogeradores em funcionamento, distribuídos entre 1.039 parques eólicos em 12 estados brasileiros. A maioria desses parques estão instalados no Nordeste, e o desenvolvimento da energia eólica nessa região é analisado na próxima seção.

3

ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE

A Região Nordeste do Brasil, segundo Bezerra e Santos (2017), costumava ter a fonte hídrica como provedora de energia elétrica, utilizando o Rio São Francisco como principal fonte. No entanto, essa energia que é economicamente viável está comprometida na região, beirando o esgotamento. É possível afirmar que esse cenário tem mudado desde o envolvimento das termelétricas e da eólica, que tem crescido fortemente na região.

O Nordeste possui em seu território fatores essenciais para a produção de energia eólica, fazendo uma combinação de extensas áreas com ventos inten-

sos e constantes. Por essa razão, tornou-se a região que mais produz no Brasil. A grande maioria dos projetos de energia eólica é destinada ao Nordeste, pois, segundo Bezerra (2021), na região existem as “jazidas” de vento, que apresentam ótimas condições para fins de geração de eletricidade. O autor ainda ressalta que, como essa é a área mais favorável para produzir, vários fabricantes de aerogeradores optam por inserir suas fábricas nessa região, inclusive os fabricantes dos componentes (torres, pás, flanges, entre outros) também seguem a mesma lógica.

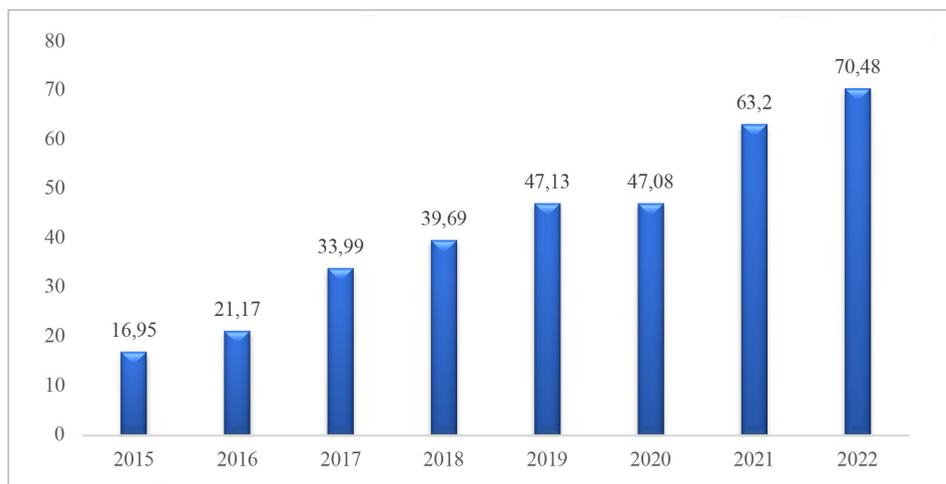
Quando se observa a Figura 7, é possível notar que o Nordeste tem evoluído a passos largos, saindo de 16,95 TWh em 2015 para 70,48 TWh em 2022, de acordo com a ABEEólica. O Rio Grande do Norte, a Bahia, o Ceará e o Piauí são os quatro estados que mais produzem energia eólica na região, sendo o primeiro e o segundo os mais representativos.

Para medir o desempenho dos empreendimentos eólicos, é realizado o fator de capacidade, que representa a relação entre a energia produzida e a capacidade de geração de uma instalação. A Figura 8 representa os valores médios mensais analisados em 2022 na Região Nordeste. Nota-se que, no segundo semestre, ocorre um aumento relevante na porcentagem, chegando ao final do ano com 41% em média gerado.

De acordo com ABEEólica, os cinco estados que apresentaram maior fator de capacidade médio em 2022 foram a Bahia (44,9%), o Piauí (43,1%), o Maranhão (42,5%), o Pernambuco (42,3%) e o Rio Grande do Norte (39,4%).

Figura 7

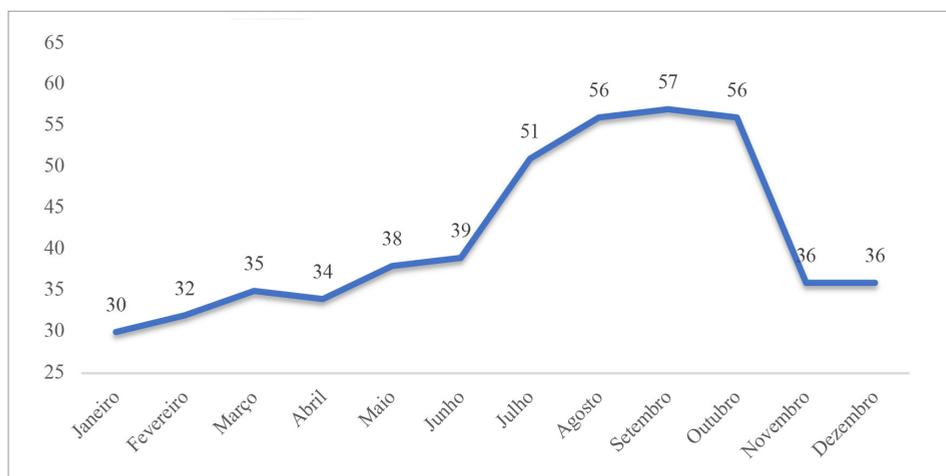
Evolução da geração de energia eólica no Nordeste – 2015-2022 (TWh)



Fonte: Boletins anuais da ABEEólica (2022a).

Figura 8

Fator de capacidade do Nordeste em 2022 (%)



Fonte: ABEEólica (2022b).

Na Tabela 1, é possível notar a quantidade de parques instalados e o quanto cada estado contribui para a geração de energia por meio da eólica no Nordeste. O estado da Bahia é o contemplado com maior número de usinas em operação, porém é o estado do Rio Grande do Norte que possui a maior potência instalada, com 9,6 GW.

Gerar energia renovável é uma necessidade mundial, e muitos países têm se comprometido com isso. Nessa perspectiva, a eólica se destaca como uma das energias mais propícias para tal objetivo, pois é a que apresenta o mínimo impacto negativo. No entanto, a implementação das usinas eólicas pode trazer também impactos negativos para o meio ambiente, principalmente.

Tabela 1

Quantidade de usinas, potência instalada e em teste na região Nordeste em 2023

Estados	Quantidade de usinas em operação	Potência instalada (MW)	Potência instalada em teste (MW)
BA	324	9.035,60	497,90
RN	303	9.575,30	389,60
PI	118	3.925,20	125,40
CE	98	2.568,30	0
PE	43	1.086,80	86,90
PB	39	992,89	0
MA	15	426,00	0
SE	1	34,5	0
Total	941	27.644,59	1.099,8

Fonte: ABEEólica (2022a).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 001, de 23 de janeiro de 1986, diz que impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e

econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais.

Sena (2023) destaca que, apesar de haver efeitos positivos, toda e qualquer mudança provocada na natureza gera um desequilíbrio e afeta a relação natural de toda uma cadeia biótica. O autor ainda estabelece alguns impactos negativos, como a alteração na paisagem local, a supressão de vegetação, a fuga ou extinção da fauna, o desaparecimento do hábitat natural de algumas espécies, os ruídos e as vibrações que atingem as áreas ao redor dos parques. Os efeitos positivos estão mais relacionados a efeitos socioeconômicos, como geração de empregos, arrecadação de impostos, investimento na região e contribuição para deixar a matriz brasileira cada vez mais limpa. Essas externalidades positivas e negativas estão presentes no estado do Rio Grande do Norte, sobre o qual a seção seguinte se desdobrará.

4

ENERGIA EÓLICA NO RIO GRANDE DO NORTE

O estado potiguar é destaque na Região Nordeste, pois apresenta as melhores condições para transformar vento em eletricidade e tem a maior potência instalada em operação entre os estados produtores. Segundo Angra Neto (2015), em maio de 2014 o Rio Grande do Norte foi o primeiro estado a ultrapassar a marca de 1 GW de capacidade instalada. Atualmente, em março de 2024, conta com 303 parques eólicos em funcionamento, 9,6 GW de potência instalada e 389,60 MW em teste.

De acordo com Medeiros et al. (2009), o primeiro parque eólico do estado foi construído na cidade de Macau com apenas três aerogeradores. Em 2004, esse parque começou a operar e produziu um total de 1,8 MW. A construção desse parque se deu pela parceria entre a Petrobras e a Wobben Windpower. Logo em 2006 o segundo parque foi instalado na cidade de Rio do Fogo. Em seguida, produzindo 561,1 MW, o terceiro parque foi inaugurado no município de Guamaré em 2010, e, a partir disso, a produção passou a ser mais significativa. Em 2014, o estado possuía 51 parques eólicos em operação e 47 em fase de instalação, movimentando bilhões de reais.

Quando a velocidade dos ventos é superior a 7,5 m/s, isso significa que a capacidade de gerar eletricidade cresce consideravelmente, o que não chega a ser um problema para o estado, que possui ventos que atingem um nível ele-

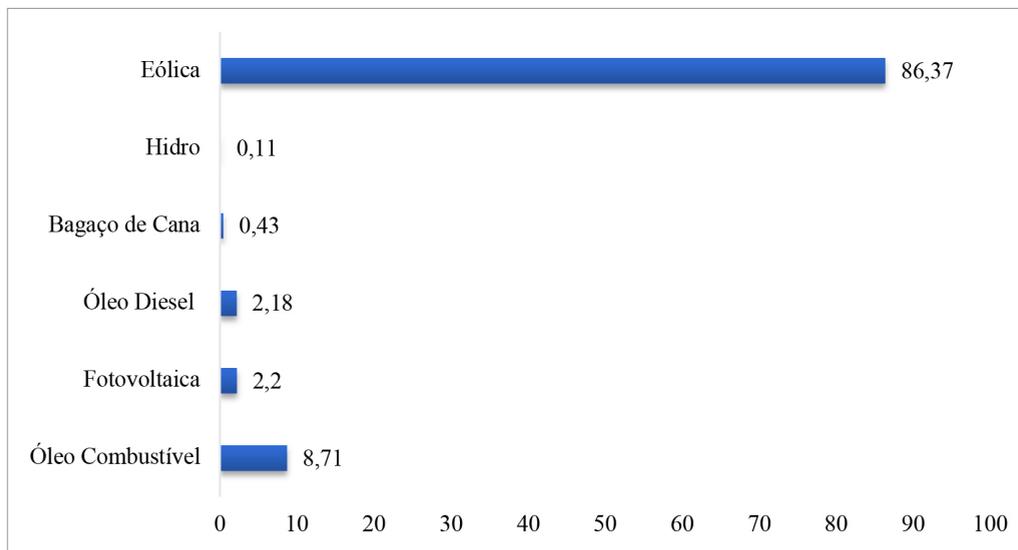
vado em cerca de 25% do seu território, em especial entre julho e novembro, o que aumenta significativamente sua produtividade (Macedo et al., 2023).

Ter um clima quente semiárido na maior parte do seu território é uma característica forte do Rio Grande do Norte, com uma localização que favorece a corrente dos ventos tanto no litoral do estado quanto em boa parte do seu interior. A consequência de bons ventos é a grande capacidade de gerar energia elétrica. Silva (2023) afirma que o estado tem os melhores ventos do território brasileiro e a melhor localização para instalação de parques eólicos. O autor também faz menção ao regime de ventos no estado, que costumam apresentar uma certa relatividade quanto à sua ocorrência, sendo mais intensos nos meses de agosto a novembro e mais frouxos de fevereiro a maio.

Analisando as estações do ano, é possível perceber a relatividade do vento citada anteriormente para a geração de energia eólica no Rio Grande do Norte. Em outras palavras, é perceptível a intensidade na primavera e no inverno (estações que ocorrem de setembro a dezembro e de junho a setembro, respectivamente), e, quando se analisa a altura, é evidente que quanto mais altas forem as torres, mais capacidade elas terão de produzir. Com torres de 100 m de altura, constata-se que, na primavera e no inverno, o potencial eólico é abundante em quase todo o território norte-rio-grandense, diferentemente do verão e outono, que, mesmo com torres altas, ainda possuem uma capacidade mediana.

Figura 9

Matriz energética do Rio Grande do Norte em 2021 (%)

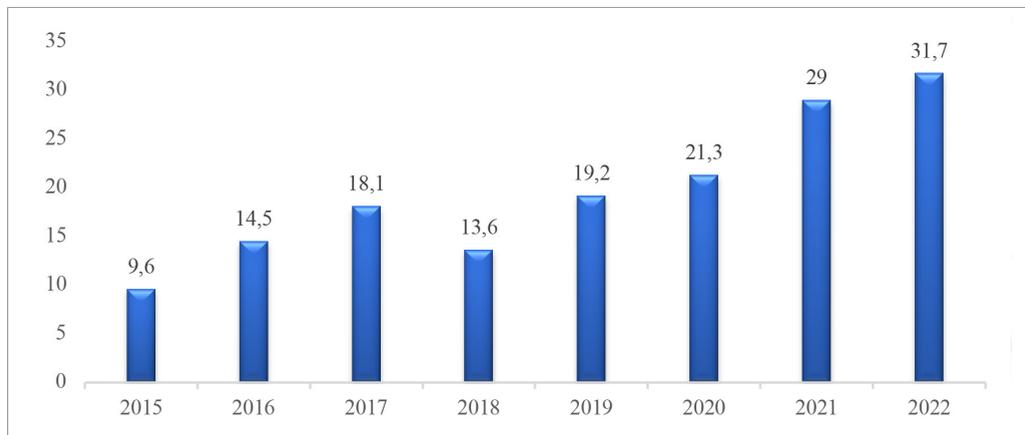


Fonte: Rodrigues e Lucena Figueiredo (2023).

Embora seja diversificada em termos de fontes de energia (Figura 10), a qualidade dos ventos no estado provoca uma concentração da energia eólica na matriz energética do Rio Grande do Norte, fornecendo cerca de 86,37% em 2021 de acordo com Rodrigues e Lucena Figueiredo (2023). Os autores salientam alguns municípios que ganham destaque na implementação de usinas eólicas, com grande capacidade e potencialidade para gerar eletricidade: Areia Branca, Porto do Mangue, Serra do Mel e João Câmara, sendo o último o mais indicado pelos empreendedores.

Figura 10

Evolução da geração de energia eólica no Rio Grande do Norte – 2015-2022 (GW)



Fonte: Boletins anuais da ABEEólica (2022a).

Ainda na fase de teste, o Rio Grande do Norte já demonstrava sinais de que seria um dos estados líderes na geração de energia eólica, pois possui condições climáticas favoráveis e uma topografia oportuna para gerar eletricidade através dos ventos. A capacidade eólica do estado tem crescido consideravelmente, e isso é estimulado pelos incentivos governamentais, pelas políticas de sustentabilidade e pelos investimentos privados, o que resulta na instalação de diversos parques eólicos e na grande evolução observada na Figura 10.

5

CONTRIBUIÇÃO DO NORDESTE E DO RIO GRANDE DO NORTE NA MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL

Pensando na redução da quantidade de emissões de gases de efeito estufa e na segurança energética de uma sociedade, é que se diversifica a matriz energética com fontes renováveis de energia. Nesse contexto, o Brasil tem se empenhado na implementação da fonte eólica em sua matriz, tendo como prin-

cipais produtores a Região Nordeste e o estado do Rio Grande do Norte. Em 2022, segundo a ABEEólica, o Brasil gerou 78,08 TWh de energia eólica, tendo o Nordeste beirado a geração total do país com 70,48 TWh, batendo a marca de 90,3% de representatividade, e o Rio Grande do Norte, dividindo a produção total com outros 11 estados brasileiros, produziu o equivalente a 29,7% da produção total com 23,20 TWh gerados.

Na Tabela 2, é possível observar cada região e analisar sua representatividade na geração de energia eólica. Na tabela, fica evidente o tamanho da discrepância entre a produção nas regiões, com o Nordeste produzindo 90,3% da capacidade total, o Norte produzindo 2%, o Sudeste com apenas 0,1% de representatividade e o Sul com 7,6%.

Tabela 2

Capacidade eólica instalada de cada região em 2022

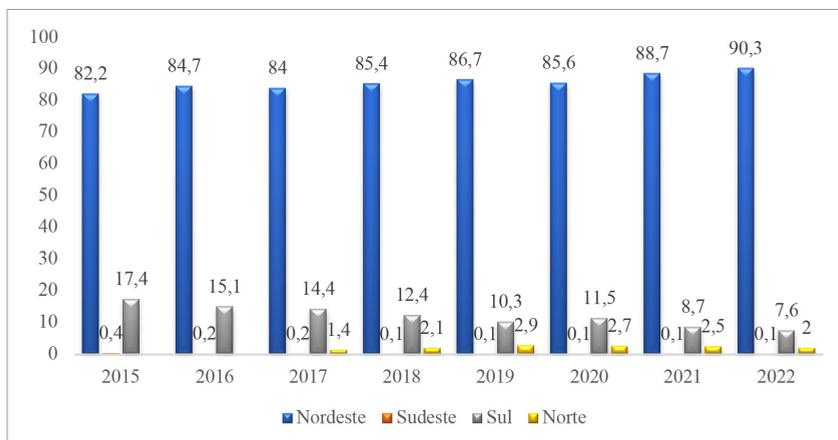
Região	Geração (TWh)	Representatividade	Crescimento
Nordeste	70,48	90,3%	12%
Norte	1,59	2%	-10%
Sudeste	0,06	0,1%	16%
Sul	5,95	7,6%	-4%
Total	78,08	100%	9,6%

Fonte: ABEEólica (2022a).

A Figura 12 mostra a evolução da representatividade de cada região na produção total, e nota-se que a fonte eólica sempre foi bem representada pela Região Nordeste, com uma diferença gigantesca se comparada às outras regiões. A Região Norte começou a produzir a partir de 2017, mas não é a que menos produz atualmente, esse título é dado para a Região Sudeste, que, de acordo com a ABEEólica, de 2015 a 2022 ficou entre 0,1% e 0,4% de representatividade. A Região Sul possui uma boa representatividade, mas é possível notar que foi diminuindo com o passar dos anos.

Figura 11

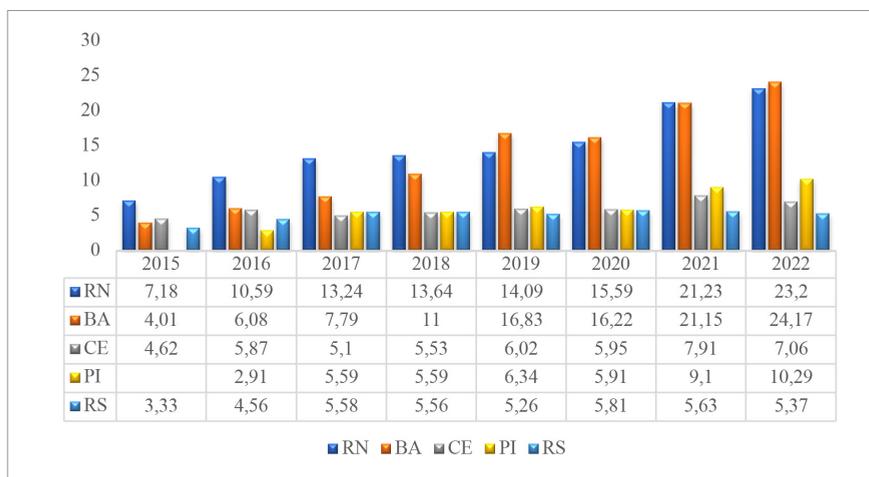
Evolução da representatividade de cada região na geração de energia eólica – 2015-2020



Fonte: Boletins anuais da ABEEólica (2022a).

Figura 12

Evolução da capacidade de geração nos estados com maiores produções – 2015-2022



Fonte: Boletins anuais da ABEEólica (2022a).

A fonte eólica é ideal para complementar a hídrica e, por esse motivo, ganhou tanto espaço no setor elétrico brasileiro. Nesse contexto, a Região Nordeste contribui de forma significativa justamente porque a sazonalidade do regime de ventos é inversa à do regime de chuvas, favorecendo essa complementariedade, conforme menciona Traldi (2014).

O Brasil possui 12 estados produtores de energia eólica, e a Figura 12 destaca os cinco que mais produziram entre 2015 e 2022. Depois de uma breve análise, fica claro que o Rio Grande do Norte é a unidade da Federação que mais tem contribuído para o grande avanço do país nesse setor e, por isso, já ganhou cinco de oito vezes o título de estado que mais produziu. De acordo com Macedo et al. (2023), a representatividade do Rio Grande do Norte em 2023 chegou a 32,4%. No entanto, o estado da Bahia tem se tornando um *player* ao lado do Rio Grande do Norte na geração de energia eólica no Brasil.

Portanto, foi visto que o Nordeste e em particular o estado do Rio Grande do Norte desempenham um papel fundamental na matriz elétrica do Brasil. A região nordestina possui um enorme potencial para a geração de energia eólica devido às suas condições geográficas favoráveis, como ventos constantes. A contribuição do Rio Grande do Norte para a matriz elétrica do Brasil tem sido significativa, ajudando a diversificar a matriz energética nacional, reduzir a dependência de fontes não renováveis e promover o desenvolvimento sustentável. Ao aumentarem a participação de fontes limpas e renováveis na geração de energia, o Nordeste e o Rio Grande do Norte têm desempenhado um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas e na construção de um futuro energético mais sustentável para o Brasil. E essa importância se encontra em tendência de crescimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivos entender a importância da energia eólica na matriz energética do Brasil e identificar o papel crucial do Nordeste e do Rio Grande do Norte como principais geradores de eletricidade através dos ventos. A pesquisa fez uma análise na evolução da fonte nos âmbitos nacional, regional e estadual.

Foi visto que no mundo um maior interesse na fonte eólica surgiu quando houve a crise do petróleo em 1970. É importante destacar que a urgência mundial na implementação de fontes renováveis, como a eólica, se dá devido

às mudanças climáticas, e essas fontes têm um papel positivo e essencial tanto no clima quanto na segurança energética, minimizando o impacto das atividades humanas.

Apesar de as energias não renováveis ainda ocuparem um espaço gigantesco na matriz energética mundial, o uso da eólica vem crescendo significativamente ao longo dos anos, evidenciando que a população mundial está cada vez mais preocupada em mitigar impactos ambientais negativos.

O interesse do Brasil na fonte eólica surgiu na década de 1970, com testes que indicavam a Região Nordeste como a mais viável para gerar eletricidade através da eólica. Logo, em 1992 foi instalado no arquipélago de Fernando de Noronha a primeira turbina do país, sendo pioneira também na América do Sul. No entanto, o desenvolvimento veio de fato somente em 2001 com a crise energética. Em decorrência da crise, o governo investiu em programas de incentivos, criando em 2002 o Proinfa. Graças ao Proinfa, o Brasil conseguiu diversificar sua matriz, gerou diversos empregos e proporcionou a redução de emissões de gases de efeito estufa. A partir de 2009, o crescimento da eólica no país foi significativo.

Comercializada no Brasil por meio de leilões de compra e venda, a fonte eólica foi capaz de se desenvolver três vezes de forma mais rápida graças aos leilões. É importante destacar que o interesse maior entre os comercializados está no Nordeste, região onde a maioria dos projetos são aprovados.

Referente à matriz energética brasileira, foi entendido que quase metade dela é composta por fontes renováveis de energia, sendo bastante diversificada e ganhando o título de uma das matrizes mais limpas do mundo. A matriz elétrica do país supera a energética, com mais da metade composta por fontes renováveis, sendo a eólica a segunda maior com 14% de representatividade.

O Brasil apresenta um território favorável para gerar energia eólica, principalmente na Região Nordeste do país; embora muito já tenha sido utilizado, ainda existem áreas que podem possibilitar a expansão dessa fonte. Porém, o cenário está sob uma perspectiva otimista, com expansão progressiva.

O trabalho evidenciou que a complementariedade entre eólica e hídrica é formidável, cobrindo uma a deficiência da outra, contribuindo inclusive para a preservação dos reservatórios do país em momentos de estiagem.

Para o âmbito regional, foi possível concluir que o Nordeste é a região mais propícia para essa fonte, contendo fatores fundamentais para gerar eletricidade em grande escala. Essa é a região que mais gera através da eólica no Brasil, chegando em 2024 à marca de 9,6 GW de potência instalada. No entanto, a

quantidade de parques implementados gera impacto negativo para a região, pois toda e qualquer mudança provocada na natureza causa um desequilíbrio. O Nordeste sofre com alterações na paisagem, com fuga ou extinção da fauna, a destruição do hábitat de algumas espécies, os ruídos que afetam a população, entre outros impactos que devem ser analisados e pensados para que possam ser mitigados, na tentativa de resultar somente nos benefícios.

No que concerne ao âmbito estadual, a pesquisa aponta o Rio Grande do Norte como o estado com os melhores ventos do Brasil, chegando a ultrapassar 7,5 m/s em alguns períodos do ano e sendo o estado que mais contribui para a geração de energia eólica do país. O estado possui uma deficiência nos períodos do verão e outono, ressarcindo a produção na primavera e no inverno. A evolução do estado é notável, sendo encorajada pelos incentivos governamentais, pelas políticas de sustentabilidade e pelos investimentos privados. Assim, o estudo apresentou os motivos para o Nordeste e o Rio Grande do Norte serem os maiores contribuidores na geração de energia eólica do país.

WIND ENERGY IN BRAZIL: THE CONTRIBUTION OF THE NORTHEAST AND RIO GRANDE DO NORTE TO THE DIVERSIFICATION OF THE ENERGY MATRIX

Abstract

Diversifying the energy matrix involves using multiple sources to generate electricity for a nation. This approach is crucial to ensure that the population and the country are prepared to face potential crises in one of the energy sources, as there will be others available to meet energy needs. The Brazilian energy matrix features a wide variety of energy sources, considered one of the cleanest in the world due to the significant contribution of renewable sources, such as wind energy. Thus, the objective of this article is to analyze the process of diversifying the country's electrical matrix and the role of wind energy in this process. Therefore, the research will highlight the advantages and disadvantages of the Brazilian energy matrix while emphasizing the importance of diversification for the country and the complementary role of wind energy in relation to hydroelectric power. The adopted method will be a qualitative analysis using a deductive strategy, starting with a general analysis of the world, Brazil, the Northeast region,

and finally, Rio Grande do Norte. Thus, it moves from a broad analysis to a specific examination regarding the process of diversifying the country's electrical matrix.

Keywords: Clean energy; diversification; energy matrix; energy transition; renewable source.

Referências

- Abreu, M. C. S. D., Siebra, A. A., Cunha, L. T. D., & Santos, S. M. D. (2014). Fatores determinantes para o avanço da energia eólica no estado do Ceará frente aos desafios das mudanças climáticas. *Revista Eletrônica de Administração*, 20, 274-304.
- Alves, J. (2010). Análise regional da energia eólica no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 6(1), 165-188.
- Angra Neto, J. (2015). *Políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento da energia eólica no Rio Grande do Norte*. [Dissertação de mestrado não publicada]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Associação Brasileira de Energia Eólica (2017). *Boletim anual de geração eólica 2017*. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2017_FINAL.pdf
- Associação Brasileira de Energia Eólica (2020). *Boletim anual: Dados 2020*. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-de-Geracao_2020.pdf
- Associação Brasileira de Energia Eólica (2021). *Boletim Anual 2021*. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/07/ABEEOLICA_BOLETIMANUAL-2021_PORT.pdf
- Associação Brasileira de Energia Eólica (2022a). *Boletim anual 2022*. <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>
- Associação Brasileira de Energia Eólica (2022b) *Ranking mundial de capacidade eólica instalada onshore em 2022*. <https://abeeolica.org.br/>
- Associação Brasileira de Energia Eólica (n. d.). *Linha do tempo: Nossa história*. <https://abeeolica.org.br/quem-somos/>
- Bezerra, F. D. (2021). Energia Eólica no Nordeste. *Caderno Setorial ETENE*, 6(200).
- Bezerra, F. D. (2023). Indústria: Energia Eólica. *Caderno Setorial ETENE*, 8(288).
- Bezerra, F. D., & Santos, L. S. D. (2017). Potencialidades de energia eólica no Nordeste. *Caderno Setorial ETENE*, 2(5).
- Bigão, G. N. (2013). O estudo da energia eólica no Brasil. *Revista Educação*, 8(2), 69.

Campos, A. F., & Souza, V. H. A. de (2016). Políticas públicas e a expansão da energia eólica no Brasil. *Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*. https://engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/sites/engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/files/field/anexo/artigo_politicas_publicas_cbpe_2016.pdf

Cechin, K. G. (2017). Os impactos da crise energética de 2001 e seus reflexos em usos alternativos de energia: Uma revisão bibliográfica (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, RS.

Civitaresse, C. H. (2022). Avaliação de impacto do leilão específico para contratação de energia eólica: Uma análise utilizando método de controle sintético. *Brazilian Journal of Business*, 4(2), 689-708.

Correia, T. B., Melo, E., & Costa, A. da (2006). Análise e avaliação teórica dos leilões de compra de energia elétrica proveniente de empreendimentos existentes no Brasil. *Revista Economia*, 7(3), 98-119.

Costa, S. B., & Quinteiros, P. C. R. (2012). Os leilões de energia no Brasil. *Inclusão Verde: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://www.unitau.br/enic/trabalhos/MCH1118.pdf>

Cunha, E., Siqueira, J., Nogueira, C., & Diniz, A. (2019). Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 8(2), 689-697.

Empresa de Pesquisa Energética (2019). Matriz energética e elétrica. *ABC de Energia*, 19(01).

Leitão, R. A. de O. (2019). *Uma análise do desenvolvimento da energia eólica no mundo, no Brasil e seu cenário atual no estado do Ceará*. [Trabalho de conclusão de curso não publicado]. Universidade Federal do Ceará.

Lopes, L. V. (2011). *Políticas de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica no Brasil*. [Trabalho de conclusão de curso não publicado]. Universidade Estadual de Campinas.

Macedo, L. D. de (2017). O estado da arte da geração de energia eólica no mundo: Apresentação e discussão. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, 13(21), 133-149.

Macedo, L. D. de, Oliveira Melo, E. A. de, & Nascimento Silva, E. do (2023). Panorama da geração de energia eólica *onshore* no país: O caso do Rio Grande do Norte. *Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho*, 12(1), 91-107.

Martins, F. R., Guarnieri, R. A., & Pereira, E. B. (2008). O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1304.1-1304.13.

Medeiros, S. S., Macedo Aquino, F. N. P., Barros, P. G. F., Medeiros Moura, L. L., & Araújo, A. E. (2009). Energia eólica: Um estudo sobre a percepção ambiental no município de Currais Novos/RN. *Holos*, 3, 83-103.

Melo, E. (2013). Fonte eólica de energia: Aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. *Estudos Avançados*, 27, 125-142.

Pêgo Filho, B., Mota, J. A., Carvalho, J. C. J. D., & Pinheiro, M. M. S. (2001). Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002. *Texto Para Discussão Nº 816*. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1995/1/TD_816.pdf.

Pereira, D. S., & Silva Neto, R. (2021). Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: Uma revisão sistemática. *Meio Ambiente*, 3(1), 2-21.

Pinto, R. J., & Santos, V. M. L. dos (2019). Energia eólica no Brasil: Evolução, desafios e perspectivas. *Journal on Innovation and Sustainability RISUS*, 10(1), 124-142.

Rodrigues, F. L., & Lucena Figueiredo, J. T. de (2023). Avaliação dos impactos da implantação dos parques eólicos sobre a renda dos municípios potiguares. *Informe Gepec*, 27(2), 93-120.

Salino P. J. (2011). *Energia eólica no Brasil: Uma comparação do Proinfa e dos novos leilões* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

Sena, P. F. F. de (2023). *Avaliação ambiental da implantação de parques eólicos no estado do Ceará*. (Trabalho de conclusão de curso não publicado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

Silva, J. A. (2023). Energia eólica no Brasil: Avanços e desafios. *Princípios*, 42(167), 179-202.

Silva Pereira, D. (2021). Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: uma revisão sistemática. *Meio Ambiente (Brasil)*, 3(1).

Silva, S. S. F. da, Alves, A. C., & Ramalho, A. M. C. (2020). Energia eólica e complementaridade energética: Estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na Região Nordeste do Brasil. *Qualitas Revista Eletrônica*, 19(3), 53-72.

Traldi, M. (2014). *Novos usos do território no semiárido nordestino: Implantação de parques eólicos e valorização seletiva nos municípios de Caetitê (BA) e João Câmara (RN)* (Tese de Doutorado não publicada), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP.