RBAV Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo https://doi.org/10.17563/rbav.v43i1.1249

Panorama da energia eólica no Brasil com ênfase na Região Nordeste

Overview of Brazilian wind energy highlighting the Northeast Region

Marcus Vinicius Souza Dias[1], Joel Almir dos Santos Ferraz[1], Wilson dos Santos Júnior[1], Anselmo Cláudio de Araújo[1], Rafael Resende Lucas[1], Rogério Pinto Mota[1*]

1. Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá – Guaratinguetá (SP), Brasil.

Autor correspondente: rogerio.mota@unesp.br

Editora de seção: Luciana Rossino

Recebido: Mar. 20, 2024 **Aprovado:** Jul. 05, 2024

RESUMO

O objetivo deste artigo é examinar a situação da energia eólica no Brasil, especialmente na Região Nordeste. Para isso, realizou-se uma breve revisão bibliográfica exploratória, buscando dados e informações, além da análise dos dados fornecidos por órgãos governamentais e agências do setor de energia. Os resultados indicam um forte potencial para a geração de energia eólica no Brasil, com destaque para o Nordeste. No entanto, destaca-se a necessidade de acelerar o crescimento desse setor, considerando os cenários futuros relacionados à crise climática e ao aumento da demanda e consumo de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica no Brasil, Região Nordeste, Energia.

ABSTRACT

The aim of this article is to examine the status of wind energy in Brazil, particularly in the Northeast Region. To achieve this, a brief exploratory literature review was conducted, seeking data and information, as well as analyzing data provided by governmental bodies and energy sector agencies. The results indicate a strong potential for wind energy generation in Brazil, with emphasis on the Northeast. However, there is a need to accelerate the growth of this sector, considering future scenarios related to the climate crisis and the increase in energy demand and consumption.

KEYWORDS: Wind energy in Brazil, Northeast Region, Energy.

INTRODUÇÃO

Nas últimas 5 décadas, as matrizes energéticas do Brasil e de outros países passaram por mudanças estruturais significativas, reduzindo a participação do petróleo e seus derivados e aumentando outras fontes de energia, não apenas devido aos choques nos preços do petróleo devido a seus ciclos de aumento[1], mas em resposta ao apelo de organizações internacionais e iniciativas focadas nas mudanças climáticas, no qual a questão energética é um dos destaques na perspectiva da sustentabilidade[2-4].

Assim, a matriz energética brasileira tem sido composta por um conjunto diversificado de sistemas de geração de energia, visando garantir o atendimento à demanda interna por eletricidade, evitando dependência externa. O destaque tem sido o uso de fontes renováveis, com participação de 78% na oferta interna de energia (OIE) em 2021, em comparação com a participação média de 28% em outros países[1,5]. No Brasil, entre as fontes de energia renovável, merece destaque o forte aumento na geração de energia hidrelétrica, gás natural, bioenergia líquida e energia eólica. Em contrapartida, outros países têm registrado um aumento significativo na utilização de energia nuclear e gás natural[1].

A geração global de energia eólica, no período de 2008 a 2018, expandiu sua capacidade de geração de 121 GW para 591 GW. Já no Brasil, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (2012 a 2022), passou de 1,80 GW para 17,46 GW, resultando em uma expansão percentual superior à taxa de crescimento mundial registrada no mesmo período. O crescimento da energia eólica no Brasil ocorre na medida em que os parques eólicos têm

CC BY

um preço muito competitivo e impulsionam a instalação de uma indústria nacional de equipamentos para atender a esse mercado. Sua crescente participação na matriz elétrica resulta de uma combinação de fatores relacionados ao cenário externo, desenvolvimento tecnológico e cadeia de produção, além de aspectos regulatórios, fiscais e financeiros promovidos pelo governo brasileiro[6-11].

Segundo o Banco do Nordeste, a energia eólica é competitiva devido aos muitos resultados bem-sucedidos com leilões para compra e venda de energia. Nessa perspectiva, a Região Nordeste se destaca com locais propícios para implementação de parques eólicos, uma vez que esses exigem uma intensidade média mínima do vento de 6 m/s para começar a gerar energia, premissa encontrada na costa nordeste da região, resultando na instalação de parques eólicos como o Complexo Eólico Alto Sertão I, no estado da Bahia, e a Usina Eólica Praia Formosa e o Sítio Eólico Eco Energy, no estado do Ceará[12].

BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Energia eólica, uma perspectiva global diante dos objetivos climáticos

Segundo o Global Wind Energy Council[13] (GWEC), 2021 foi o segundo melhor ano para o crescimento da energia eólica, com o acréscimo de cerca de 94 GW na capacidade global, ficando atrás apenas de 2020, que obteve 1,8% a mais do que em 2022. O Brasil recebe um reconhecimento destacado nesse crescimento, sendo responsável por 4,06% dessa adição global de 93,6 GW, como pode ser observado na Fig. 1. Como resultado, a capacidade global de energia eólica ultrapassou os 837 GW, contribuindo para evitar uma emissão anual de 1,2 bilhão de toneladas de CO_2 na atmosfera, equivalente às emissões anuais de carbono de toda a América do Sul.

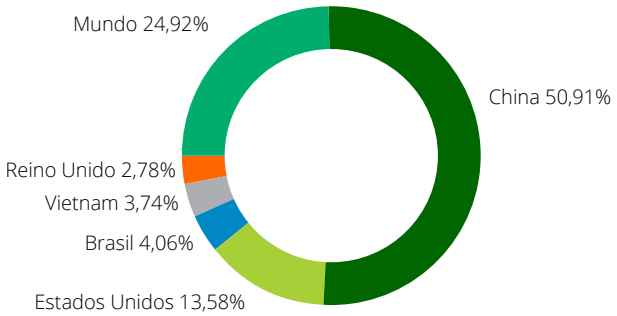

Figura 1: Aumento na capacidade mundial de energia eólica.
Fonte: Adaptado de Global Wind Energy Council[13].

No entanto, o crescimento da energia eólica está aquém da velocidade de crescimento necessária para realizar uma transição energética global segura e resiliente, visando atingir a meta climática de um aumento de temperatura de 1,5 ºC até 2050. Para alcançar esse objetivo, o crescimento da energia eólica deveria ser quatro vezes maior do que o atual e projetado para os próximos anos, até 2030, como ilustrado na Fig. 2[13].

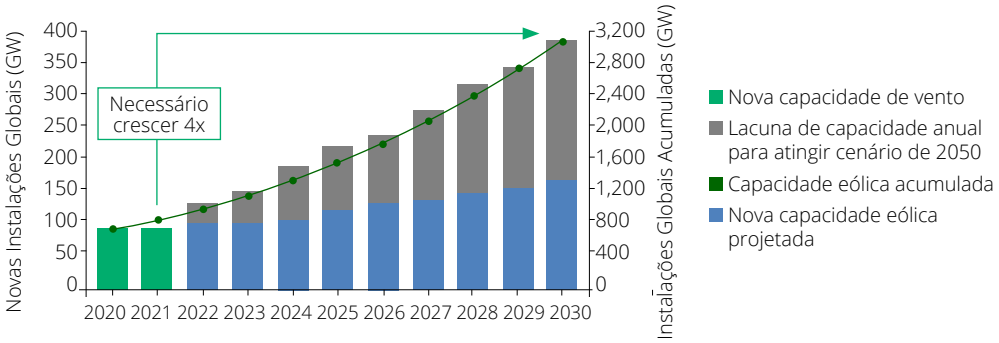

Figura 2: Capacidade instalada de energia eólica e necessidade futura.
Fonte: Adaptado de Global Wind Energy Council[13].

Geração de energia eólica no Brasil e na Região Nordeste do Brasil

A história da energia eólica no Brasil teve início em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, onde a primeira turbina eólica do país entrou em operação. Nos anos seguintes, a energia eólica teve um crescimento modesto. Com o surgimento da crise energética, em 2000, houve um movimento para incentivar a energia eólica no país. Um pouco mais tarde, após 2003, foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que abriu caminho para a instalação da indústria de componentes de turbinas eólicas no Brasil. Desde então, a fonte de energia eólica tem crescido. A título de exemplo, em 2012, o Brasil ocupava a 12ª posição no *ranking* mundial de capacidade instalada de energia eólica e, em 2020, ocupava o 6º lugar[13].

O Brasil tem demonstrado um perfil energético promissor, devido ao seu alto potencial para adoção de energia de fontes renováveis. Nesse cenário, a energia eólica se destaca, somada a políticas e projetos que visam promover o desenvolvimento de parques eólicos no Brasil, beneficiando o país de diversas maneiras, como o aumento do conhecimento técnico e empregos, a redução do valor pago pela eletricidade, a expansão da oferta de energia e o fornecimento de energia sustentável em longo prazo.

Assim, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)[14], o país tem uma capacidade instalada de geração de energia eólica de 24,13 GW proveniente de 869 parques eólicos, distribuídos em mais de 9.770 turbinas eólicas espalhadas por 12 estados brasileiros. Esses números representam o atendimento a 36,2 milhões de residências ou, alternativamente, beneficiam 108 milhões de habitantes. Com isso, a energia eólica representa 12,5% da matriz energética brasileira, ocupando o segundo lugar, logo atrás da energia gerada por usinas hidrelétricas, como exemplificado na Fig. 3.

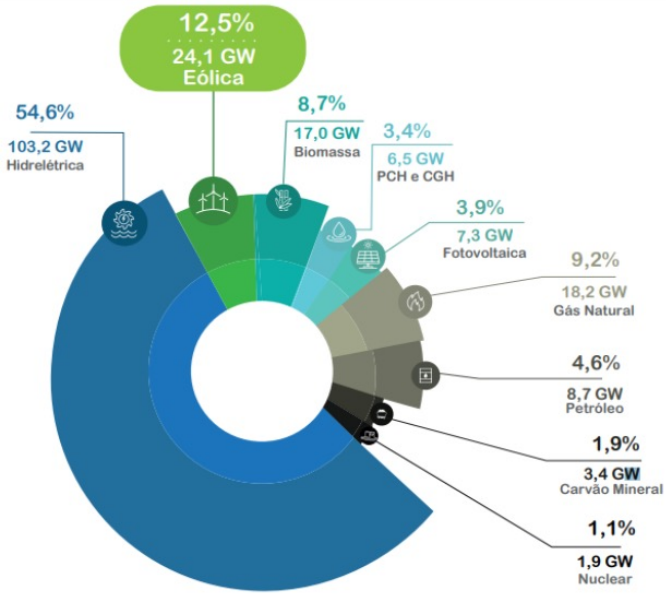

Figura 3: Distribuição da matriz energética brasileira.
Fonte: ABEEólica[14].

No entanto, a instalação de usinas eólicas é fortemente condicionada pela disponibilidade de recursos energéticos e pela configuração socioeconômica da região, características encontradas no Brasil, especialmente na Região Nordeste. Dessa forma, embora haja parques eólicos instalados no sul do país, o destaque está na costa da Região Nordeste[7].

A Tabela 1 ilustra a contribuição das regiões brasileiras na geração de energia eólica, mostrando o Nordeste na liderança, com um índice de geração de energia eólica acima de 88%, e, embora distante, a Região Sul, com a representatividade de 8,7% no total gerado.

Confirmada a participação proeminente da Região Nordeste, vale ressaltar a contribuição dos 12 estados que têm instalações para a geração de energia eólica, com os quatro primeiros lugares no *ranking* nacional provenientes do Nordeste: Bahia, Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. A Fig. 4 apresenta a distribuição completa.

Tabela 1: Representatividade de cada região brasileira na geração de energia eólica em 2021.

Região	Geração (TWh)	Representatividade (%)
Sudeste	0,06	0,1
Sul	6,20	8,7
Nordeste	63,20	88,7
Norte	1,76	2,5
Total	71,22	100,0

Fonte: ABEEólica[14].

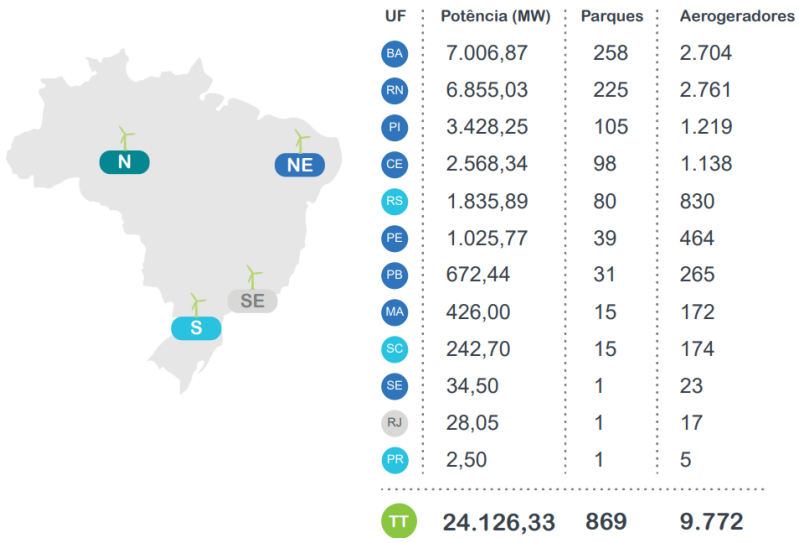

Figure 4: Capacidade instalada e número de parques por estado.

Fonte: ABEEólica[14].

A posição proeminente da Região Nordeste deve crescer ainda mais, como apresentado na Fig. 5, uma vez que os projetos para a expansão da energia eólica estão basicamente lá localizados, influenciados pelas condições favoráveis na região, com poucos projetos na Região Sul.

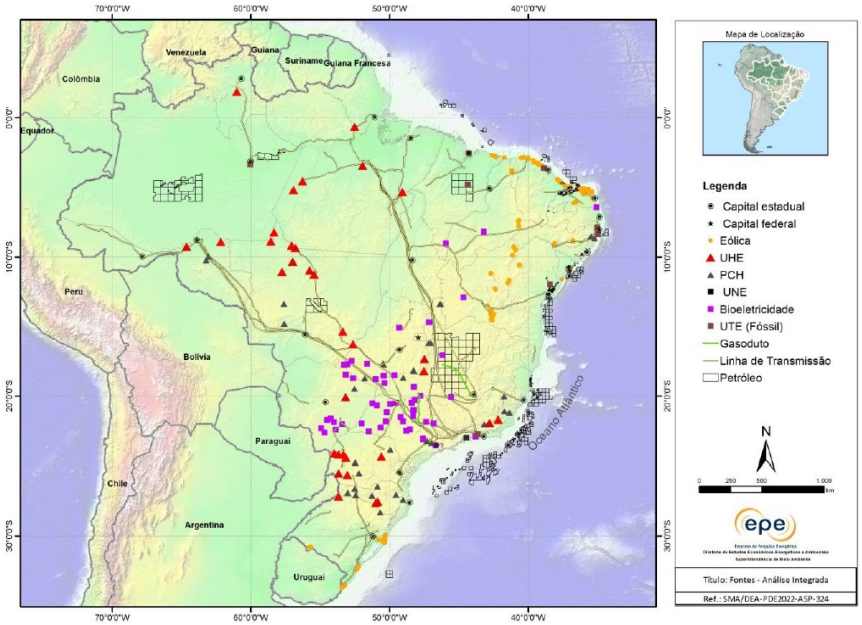

Figura 5: Mapa da localização dos projetos previstos no Plano Decenal de Expansão de Energia.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética[7].

Participação da indústria brasileira

A capacidade da indústria brasileira foi outro destaque que contribuiu para o avanço da energia eólica no país, devido ao rápido desenvolvimento de uma cadeia local produtiva e eficiente que passou do índice de 60% para 80% de nacionalização de turbinas eólicas. A indústria brasileira está representada por seis empresas que fabricam turbinas, pás e torres eólicas (Siemens Gamesa, GE, WEG, Wobben, Vestas e Nordex Acciona) e dezenas de outras que trabalham em outros componentes, além de planejamento, transporte, obras, etc. Como resultado, de 2011 a 2020, foram investidos R$ 321 bilhões no setor eólico brasileiro, dos quais R$ 110,5 bilhões foram diretos para a construção de parques eólicos e R$ 210,5 bilhões indiretos, gerando aproximadamente 196 mil empregos no mesmo período[8,9].

Impactos ambientais e socioeconômicos dos parques eólicos no Nordeste

A Região Nordeste tem 297 parques eólicos em operação, sendo 240 localizados no interior, com 198 na região semiárida. Nos últimos 15 anos, o Brasil atraiu investimentos privados em parques eólicos e fabricantes de componentes de turbinas eólicas. Esses investimentos foram alocados de forma descentralizada, com uma parte significativa destinada ao Nordeste, principalmente a locais com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Em geral, qualquer investimento em uma região carente transmite a ideia de desenvolvimento, de melhoria das condições de vida local. Esse pensamento tem sido utilizado por empresas do setor eólico, governos e parte da literatura como argumento para a implementação de parques na Região Nordeste, fato que antagoniza com o passado de negligência sofrido pela região semiárida nordestina.

Um dos pontos defendidos por essa visão é o aumento na arrecadação de impostos no município onde os parques estão localizados. O Imposto sobre Serviços (ISS) e o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) – esse último estadual – devem ser repassados para os municípios em questão como opções para aumentar a receita. No entanto, esse aumento não é permanente, já que o ISS aumenta durante a fase de construção, mas retorna aos níveis anteriores após essa etapa, e o ICMS é zerado para a venda de equipamentos solares e eólicos, e a parte que é cobrada sobre o consumo de energia é taxada na região de consumo, não na sua geração[10,11].

Outro aspecto enfatizado é a geração de empregos. Localmente, isso não tem impactos significativos; na maioria dos casos, houve baixa inclusão da população local nos empregos gerados, uma vez que a demanda era por mão de obra mais qualificada do que a disponível nas comunidades circundantes. A contratação da população local geralmente era realizada para funções que não exigiam mão de obra qualificada e por períodos definidos, o que não ocasionava um aumento significativo na renda da população local. A baixa qualificação da mão de obra local implica a importação dessa, até mesmo de outros estados brasileiros. A fase de implementação (quando os equipamentos são montados) dura um pouco mais de 4 dias por torre, e apenas os projetistas do parque e os funcionários da empresa que fabrica turbinas eólicas trabalham no projeto[12].

Apesar dos pontos indicados, a renda *per capita* de alguns municípios que receberam parques eólicos teve um salto significativo no período de 2013 a 2015, período que coincidiu com esses projetos. A Fig. 6 mostra a evolução da renda *per capita* nos municípios de Igaporã e Caetité, na Bahia. Vale ressaltar que o aumento na renda *per capita* não afeta a renda das comunidades locais circundantes aos parques e pode estar concentrado em um pequeno grupo.

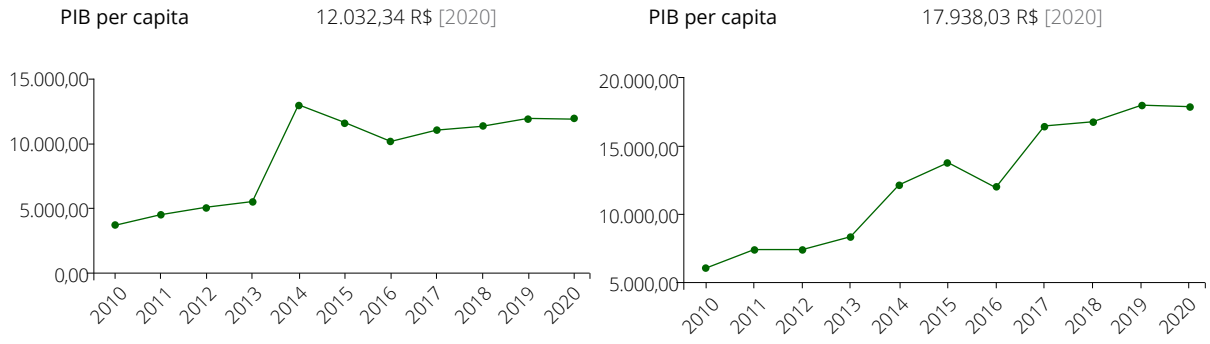

Figura 6: Renda per capita dos municípios de Igaporã e Caetité (Bahia).
Fonte: Reboita et al.[12].

Como aspecto positivo para melhorar a qualidade de vida das populações circundantes aos parques eólicos, é possível mencionar a linha de Investimentos Sociais Corporativos (ISC) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que apoia projetos sociais. Um exemplo de aplicação do ISC é o projeto de R$ 1,5 milhão implementado no estado do Rio Grande do Norte, onde foram realizadas 200 cirurgias gratuitas em crianças e adolescentes com fissura labiopalatina[13].

Outro ponto de forte relevância socioeconômica na região são os contratos de uso de terra, pois muitas vezes são de longo prazo e inviabilizam o uso das propriedades para outros fins, como a agricultura. Há um desequilíbrio contratual enorme entre as partes, em detrimento dos proprietários de terras, que decorre dos longos prazos e multas estipuladas unilateralmente que só beneficiam as empresas detentoras de parques eólicos. Com relação a esse ponto, "a capacidade de tomada de decisão dos membros da comunidade para assinar contratos com empresas para a cessão de terra deve ser melhor analisada, pois a condição quanto à informação e à educação formal é desigual, e podem ser induzidos a assinar compromissos sem uma real consciência das consequências"[15].

Do ponto de vista ambiental, os parques eólicos são considerados projetos de baixo impacto e, portanto, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) podem ser substituídos pelo Relatório Ambiental Simplificado (RAS). No entanto, observou-se que, às vezes, o RAS é superficial, não aprofundando nos impactos e, em muitos casos, não priorizando as questões sociais locais. Além disso, cerca de metade do potencial eólico da região está em áreas de preservação permanente (APP), principalmente as de dunas. Tais impactos incluem a destruição de parques arqueológicos, de nascentes por obras de terraplanagem ou perfuração de poços artesianos, bem como de terrenos de dunas frágeis[13].

O discurso ambiental, somado ao de progresso e modernização do território, que tem impulsionado a expansão global do uso da energia eólica, tem servido, no Brasil, para ocultar práticas socialmente injustas, como invasão de propriedades, apropriação de territórios tradicionais, desmatamento desenfreado, perfuração de poços, comprometimento de corpos d'água e contratos duvidosos que se tornaram práticas comuns das empresas do setor eólico em comunidades[15,16].

Para solucionar os problemas ocorridos e otimizar os benefícios proporcionados às comunidades, os impactos gerados nesses locais devem ser continuamente avaliados com o objetivo de aperfeiçoar as ações em busca da melhoria da qualidade de vida dos habitantes e da preservação do meio ambiente. Também é importante enfatizar a necessidade de apoio dos órgãos governamentais e da sociedade civil para capacitar as comunidades, evitando conflitos e remediando vulnerabilidades detectadas. O que deve ser questionado não é a fonte de energia ou a tecnologia utilizada, mas como as empresas do setor eólico estão organizadas na Região Nordeste do Brasil[17-19].

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de energias renováveis é indispensável para o crescimento sustentável da sociedade. Discutir a matriz energética e seus impactos no meio ambiente e na sociedade deve ser uma preocupação constante.

O Brasil ocupa uma posição importante no campo das energias renováveis, utilizando sua matriz energética como modelo para o mundo.

Na última década, a energia eólica assumiu uma posição proeminente na matriz energética brasileira, com a Região Nordeste se destacando amplamente na geração de energia eólica. Essa posição proeminente tende a crescer ainda mais com o planejamento realizado para a região, tanto por órgãos governamentais quanto por empresas privadas.

No entanto, o impacto socioambiental ainda precisa ser amplamente discutido. Melhorias nas políticas públicas, bem como o envolvimento da sociedade civil, devem garantir que os impactos no meio ambiente, muitas vezes fundamentais para as atividades econômicas locais, não sejam maiores do que os benefícios para a população local. Além disso, o monitoramento constante deve garantir melhorias na qualidade de vida local, em vez de expor a região à degradação e a novas vulnerabilidades. Existem várias histórias de sucesso envolvendo esses projetos em todo o mundo, trazendo benefícios para a comunidade local e as empresas envolvidas.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Metodologia: Dias MVS, Ferraz JAS, Santos Júnior W, Araújo AC, Lucas RR, Mota RP; **Supervisão:** Mota RP; **Recursos:** Mota RP; **Escrita – Original:** Dias MVS, Ferraz JAS, Santos Júnior W, Araújo AC, Lucas RR; **Revisão:** Lucas RR, Mota RP; **Aprovação final:** Mota RP.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Os dados gerados e analisados estão disponíveis no presente estudo.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Processo n°: 88887.827403/2023-00 [Lucas RR - Bolsa de doutorado]

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia e Ciências pelo apoio a este trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira 2022. 2022. [acesso em 19 Jan 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/resenha-energetica-brasileira/resenhas/resenha-energetica-2022.pdf/view

2. Ferreira SSS, Alves AC, Ramalho AMC et al. Energia eólica e complementaridade energética: estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na Região Nordeste do Brasil. ENGEMA 2020. Disponível em: https://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/59.pdf

3. Rodrigues FL, Figueiredo JTL. Avaliação dos impactos da implantação dos parques eólicos sobre a renda dos municípios potiguares. Informe GEPEC 2023;27(2):93-120. https://doi.org/10.48075/igepec.v27i2.30902

4. Ramos Júnior MJ, Figueiredo PS, Travassos XL. Barriers and perspectives for the expansion of wind farms in Brazil. Renew Energy Environ Sustain 2022;7(6). https://doi.org/10.1051/rees/2021055

5. Castro MT, Souza MG, Castro AO. Energias renováveis: energia eólica, seus efeitos e ganhos ambientais. ITEGAM-JETIA 2019;5(19):103-8.

6. Marques RS, Martins LOS, Fernandes FM, Silva MS, Freires FGM. Energia eólica e competitividade: uma análise bibliométrica, Inform Soc 2020;30(2). https://doi.org/10.22478/ufpb.1809-4783.2020v30n2.52282

7. Empresa de Pesquisa Energética. Plano decenal de expansão de energia. 2012. [acesso em 19 Jan 2024]. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde

8. Rodrigues MVS, Aquino MD, Thomaz ACF, Pereira RF. Aplicação da fronteira invertida em análise envoltória de dados para medir o desempenho relativo da produção de energia eólica nos estados brasileiros entre os anos de 2015 a 2019. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica 2022;15(2):602-20. https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79056

9. Jung C, Schindler D. A review of recent studies on wind resource projections under climate change. Renew Sustain Energy Rev 2022;165:112596. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112596

10. Martins FB, Gonzaga G, Santos DF, Reboita MS. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. Rev Bras Climatol 2018;14:129-56. https://doi.org/10.5380/abclima.v1i0.60896

11. Reboita MS, Ambrizzi T, Silva BA, Pinheiro RF, Rocha RP. The South Atlantic subtropical anticyclone: present and future climate. Front Earth Sci 2019;7. https://doi.org/10.3389/feart.2019.00008

12. Reboita MS, Amaro TR, Souza MR. Winds: intensity and power density simulated by RegCM4 over South America in present and future climate. Clim Dyn 2018;51(1);187-205. https://doi.org/10.1007/s00382-017-3913-5

13. Global Wind Energy Council. Global Wind Report 2022. [acesso em 19 Jan 2024]. Disponível em: https://gwec.net/global-wind-report-2022/

14. Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA). Boletim anual de energia eólica 2022. [acesso em 12 Jul 2024]. Disponível em: https:// abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/

15. Almeida GMD. Estrutura de mercado e eficiência dos leilões de geração eólica no Brasil (dissertação de mestrado). Salvador: Universidade Federal da Bahia; 2015.

16. Cabral GSR. ICMS ecológico: as unidades de conservação como instrumento econômico para gestão ambiental municipal. 2018. [acesso em 17 Mar 2024]. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1820

17. Mendes CC. A demanda por serviços públicos municipais no Brasil: a abordagem do eleitor mediano revisitada. 2010. [acesso em 17 Mar 2024]. Disponível em: http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/5002

18. Gouvea RLP, Silva PA. Desenvolvimento do setor eólico no Brasil. 2018. [acesso em 3 Fev 2024]. Disponível em: http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16081

19. Traldi M. 589. As transformações socioespacias resultantes da implantação e operação de parques eólicos no semiárido brasileiro. Scripta Nova 2018;22. https://doi.org/10.1344/sn2018.22.19729