


DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Graziela Sousa da Cunha

Graduada em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa) e graduanda em Engenharia Civil na Ufersa, *campus* Angicos (RN). Membro do Grupo de Laboratório em Economia da Transição Energética. Bolsista de Iniciação Científica na Ufersa.


E-mail: grazielacunha6@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0002-3910-4504>

José Alderir da Silva

Doutor em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), bacharel e mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), lotado no Departamento de Engenharias (Denge). Líder do grupo de pesquisa "Laboratório em Economia da Transição Energética".


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

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

William Gledson e Silva

Economista e cientista social. Bacharel e mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Pós-doutor em Ciências Sociais pela UFRN. Professor adjunto do Departamento de Economia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern). Membro do Grupo de Laboratório em Economia da Transição Energética.

E-mail: williangedson@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0552-202X>



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

Como citar este artigo: Cunha, G. S., Silva, J. A. da, & Silva, W. G. (2024). Desenvolvimento sustentável e a energia eólica no Brasil. *Revista de Economia Mackenzie*, 21(1), 183-210. doi: 10.5935/1808-2785/rem.v21n1p.183-210

Recebido em: 16/1/2024

Aprovado em: 19/3/2024

Resumo

Diante de um cenário marcado pela degradação ambiental causada pela utilização desordenada dos recursos naturais, a energia eólica surge como uma forma de buscar o desenvolvimento e ao mesmo tempo a preservação dos recursos naturais, sem comprometer o bem-estar das gerações atuais e futuras. Dessa forma, este artigo tem o objetivo de realizar uma análise da evolução e geração de energia eólica em escala mundial e nacional, bem como apresentar a configuração da matriz elétrica destas, identificando os maiores produtores eólicos. Os dados apontam que, nas últimas décadas, a geração de energia elétrica de fonte eólica apresentou um crescimento vigoroso e dinâmico em nível mundial. A China, por sua vez, lidera o cenário mundial de geração eólica tanto *onshore* como *offshore*, e o Brasil aparece em sexto lugar no *ranking* de produção mundial em 2022. O Brasil é considerado referência no mundo em função de as fontes renováveis comporem sua matriz elétrica há muitos anos, sendo a eólica fortemente instalada no nordeste do país, uma região privilegiada por fortes ventos robustos e persistentes durante todo o ano. Portanto, nota-se que o setor eólico tem potencial para contribuir para a transição energética, a redução dos transtornos socioambientais causados pelo efeito estufa e a busca por segurança energética firmada em energias limpas.

Palavras-chave: Energia eólica; matriz energética; desenvolvimento sustentável; energia renovável; Celso Furtado.

Classificação *JEL*: Q41, Q42, Q21.

INTRODUÇÃO

A eletricidade constitui-se como parte essencial do desenvolvimento humano, estando intimamente interligada à qualidade de vida, ao progresso

econômico internacional e ao meio ambiente, conforme ressaltam Vichi e Mansor (2009). No decorrer da evolução das sociedades, Silva (2006) mostra que a utilização dos recursos energéticos tem sido e continua a ser um elemento singular no atendimento das necessidades das sociedades ao longo dos diversos períodos históricos.

Em vista disso, o crescimento da demanda energética mundial ao longo da evolução da humanidade permitiu a diversificação de técnicas de obtenção e/ou conversão de energia, o que, por meio da integração de conhecimentos científicos e tecnológicos, estruturou o mercado energético mundial que temos, como aponta Costa et al. (2009).

Vale salientar ainda que o interesse pelo desenvolvimento de uma matriz energética renovável tem sido alvo de pesquisas, investigações e políticas públicas governamentais em diversos países desde a crise de suprimento do petróleo, na década de 1970. Além disso, os problemas socioambientais causados pelo aquecimento global passaram a se tornar uma forte preocupação da sociedade, o que, somado ao aumento no preço dos combustíveis, tornaram expressivo o interesse por um mundo com maior participação de energias limpas e renováveis, de modo a reduzir os danos ambientais resultantes do consumo de energia utilizado na época, como afirmam Nascimento e Silva (2016).

Considerando as fontes de energia renováveis escolhidas, o destaque se dá para o setor eólico, que, conforme Macedo (2017), tem se consolidado na diversificação da matriz energética mundial e do suprimento dos combustíveis fósseis, em busca de segurança energética, sustentabilidade ambiental e geração de eletricidade ambientalmente correta.

A energia eólica desempenha um papel crucial no contexto do desenvolvimento sustentável, oferecendo uma alternativa limpa e renovável para suprir as crescentes demandas energéticas globais. Ao explorar o potencial dos ventos para gerar eletricidade, a energia eólica contribui significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mitigando os impactos das mudanças climáticas.

Além disso, ao diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de fontes não renováveis, ela promove a segurança energética e a estabilidade econômica. A implantação de parques eólicos não apenas impulsiona a criação de empregos nas áreas de instalação e manutenção, mas também estimula a inovação tecnológica, estimulando o crescimento econômico. Ao integrar a energia eólica em estratégias de desenvolvimento sustentável, os países podem alcançar metas ambientais, melhorar a resiliência do sistema energético e

promover uma transição para uma economia mais verde e equitativa (Silva et al., 2020).

O desenvolvimento da energia eólica no Brasil experimentou uma notável trajetória de crescimento e consolidação ao longo das últimas décadas. Impulsionado por condições geográficas favoráveis, especialmente nas regiões do Nordeste e Sul do país, o setor viu uma expansão significativa de parques eólicos. Inicialmente, marcos importantes, como os leilões de energia, incentivaram investimentos expressivos, resultando em uma capacidade instalada considerável. A crescente conscientização ambiental e a busca por fontes mais sustentáveis também contribuíram para a ascensão da energia eólica. O Brasil, ao diversificar sua matriz energética, não apenas reduziu a dependência de fontes não renováveis, mas também estimulou a inovação tecnológica e a criação de empregos no setor. Com uma trajetória ascendente, o país se tornou um protagonista significativo no cenário global de energia eólica, consolidando-se como um exemplo de como a transição para fontes renováveis pode ser estratégica para o desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável¹.

Apesar de não desenvolver trabalhos que utilizassem explicitamente o termo desenvolvimento sustentável, Celso Furtado pode ser considerado um precursor intelectual ao destacar a necessidade de um desenvolvimento que não apenas promova o crescimento econômico, mas que também leve em conta as dimensões sociais e ambientais, evidenciando sua preocupação com as questões ambientais e o bem-estar das gerações futuras.

Nesse sentido, a energia eólica tem contribuído para acelerar o processo de transição energética no Brasil, colaborando para que o processo de produção na economia brasileira seja mais limpo. Este artigo tem por objetivo analisar a evolução da geração de energia eólica no Brasil e sua contribuição para uma matriz energética verde.

Para alcançar esse objetivo, o presente artigo está dividido em quatro seções além desta introdução. A próxima seção mostra a preocupação de Celso Furtado com o meio ambiente relacionando-o com o conceito de desenvolvimento sustentável e de economia ambiental. Na terceira seção, é descrito o processo histórico da energia eólica no mundo, destacando os principais *players* atualmente. A quarta seção busca analisar a evolução da geração de energia eólica no Brasil e sua contribuição para uma matriz energética limpa e

1 Vide Silva (2023).

compatível com o desenvolvimento sustentável. Na última seção, têm-se as considerações finais.

1

CELSO FURTADO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Uma das questões mais recentes na teoria econômica, particularmente no transcurso desta seção, refere-se ao atual estágio da degradação ambiental, cujos padrões de desenvolvimento econômico capitalista explicitam forte tendência a não redução no uso desordenado dos recursos naturais, implicando, provavelmente, cenários catastróficos cada vez mais frequentes no mundo.

Furtado (1974) apresenta, entre inúmeras questões, uma preocupação não desprezível com a utilização de forma inadequada do meio ambiente, pois o autor passa a perceber forte exploração dos recursos naturais e uma contínua expansão nos padrões de consumo, especialmente nos países mais desenvolvidos, os quais demonstram notáveis níveis de renda e, portanto, condições de elevar o consumo agregado nacionalmente.

O autor, necessariamente, perpetra o conceito de “profecia do colapso”, cuja preocupação é advertir que o desenvolvimento deve ser sustentável no sentido de haver aumento dos níveis de produtividade e a estabilização na exploração dos recursos naturais. Notadamente, o aspecto envolto na mencionada suposição gera importantes prerrogativas no sentido de induzir incrementos no crescimento econômico dos países emergentes, impossibilitando o aprofundamento da exploração do meio ambiente.

Schmitz e Bittencourt (2017), por sua vez, revelam sintomáticas explicitações decorrentes da relação do crescimento econômico e exploração dos recursos hídricos, demonstrando que acréscimos na produção implicam a ampliação da exploração das bacias hidrográficas, reforçando a perspectiva de Celso Furtado em termos da universalidade do quadro econômico e seus desdobramentos ambientais.

Já Krugman (1988), via de regra, mostra que a escala de produção econômica sinaliza haver necessidades capitalistas no sentido de elevar o volume produzido com o objetivo de tornar os preços mais competitivos, isto é, a ideia básica se reporta à tentativa de permanentemente aumentar o crescimen-

to da economia para melhorar a posição dos distintos capitais no processo concorrencial.

Assim, o autor converge neste ponto com Furtado, ou seja, a dinâmica econômica remonta a uma contínua tendência de os agentes procurarem expandir seus ganhos em detrimento dos limites ambientais, denotando ser um aspecto crucial na análise dos recursos naturais, cuja compatibilidade com Schmitz e Bittencourt (2017) na concordância das implicações do crescimento e suas repercussões no meio ambiente é sintomática.

Nesses termos, Almeida (2012), Cechin e Pacini (2012) e Diniz e Bermann (2012), na verdade, resgatam o conceito de economia verde, em que o modelo teórico diz respeito à ideia de acomodação do bem-estar social em comunhão com o equilíbrio ambiental, quer dizer, os autores revelam haver a premissa de harmonia entre o crescimento das economias e a continuidade do desenvolvimento sustentável, viabilizando o surgimento de críticas ao pensamento antes enfatizado.

Com efeito, uma questão bastante interessante procede da perspectiva de uma economia capitalista, cuja proposição se vincula ao terreno da monetização dos recursos naturais, isto é, na prática, haveria uma espécie de mercado ecológico no sentido da precificação da água, do ar, entre outros, bem como o avanço na ampliação da utilização da biodiversidade, denotando ser o velho desenvolvimento sustentável com novos contornos.

Assim, o modelo da economia verde dialoga com Celso Furtado na medida que a expansão econômica requer inovações dos agentes a fim de alargar as possibilidades de exploração dos recursos naturais, cuja tentativa de precificação não impede, a rigor, a degradação contínua do meio ambiente, haja vista ser permitido o uso dos recursos naturais em troca do pagamento pela utilização, não solucionando as preocupações postadas por Furtado (1974).

Almeida (2012), alternativamente, adiciona ao campo de suas reflexões a tentativa de gerar condições ambientalmente mais favoráveis, isto é, a redução da utilização de gás carbônico, a demanda por itens mais ligados à biodiversidade, entre outros, de sorte que a preocupação dessa linha de pensamento está na diminuição dos níveis de poluição que impactam as dinâmicas sociais, ambientais e econômicas.

Diferentemente do modelo da economia verde, há a denominada economia ecológica, em que um dos principais expoentes corresponde a Georgescu-Roegen (1971), que apresenta como algumas de suas mais notáveis conclusões, necessariamente, a ideia do decrescimento econômico a fim de corrigir os eleva-

dos contornos de entropia ambiental, pois os agentes produzem e a parte residual é descartada no meio ambiente.

Segundo Georgescu-Roegen (1971), o planeta Terra possui finitos recursos naturais, determinando, conseqüentemente, a restrição ao contínuo processo expansionista econômico, sendo premente haver a diminuição nos padrões de consumo e, portanto, a redução da degradação ambiental com o arrefecimento da entropia ecológica, de forma que o decrescimento econômico antes enfatizado deve ser procedente de uma ação voluntária humana, e não proveniente das conseqüências ambientais.

Acrescente-se que Georgescu-Roegen (1971) chega a tais conclusões analíticas devido a sua compreensão de sistema fechado, ou seja, a leitura da economia ecológica leva em consideração a proposição de decrescimento econômico, dada a impossibilidade de aumento nos níveis produtivos e de consumo especialmente decorrentes do sistema restritivo dos movimentos dos agentes (empresas, famílias e governos), de modo que as interações emergentes entre os mencionados agentes podem proporcionar semelhantes degradações ambientais.

Daly (2004), via de regra, traz no âmago de sua discussão a perspectiva de estado estacionário. Em outras palavras, o autor procura demonstrar que não necessariamente a economia precisa encolher seu nível de produção, mas sim atingir certo limite ambientalmente sustentável, divergindo, parcialmente, da leitura de Georgescu-Roegen (1971).

Nesse sentido, Daly (2004) admite que sua percepção de estado estacionário está associada ao princípio da substitutibilidade, ou seja, a ideia básica diz respeito a ser crucial substituir eventuais fatores de produção mais obsoletos em favor daqueles mais modernos, não alterando, contudo, os níveis gerais de produção, seguindo o raciocínio dos modelos de crescimento econômico compatíveis com essa prerrogativa estacionária.

Georgescu-Roegen (1971) e Daly (2004) permitem observar, categoricamente, que o modelo da economia ecológica requer a não contínua expansão dos padrões de produção e consumo, sendo fundamental encontrar formas alternativas e ambientalmente sustentáveis no sentido de viabilizar a conservação dos recursos naturais a serem utilizados pelas futuras gerações, tornando mais robustas as análises acerca dessa forma de compreensão econômica e ambiental.

Finalmente, este modelo da economia ecológica apresenta uma característica sintomaticamente importante, isto é, a ideia multidisciplinar faz emergir

questionamentos significativos em torno do protagonismo econômico, possibilitando entender o meio ambiente a partir de diversos prismas, afastando-se do reducionismo científico econômico e ampliando determinado conjunto de nuances explicativas, destoando da denominada economia ambiental.

O modelo da economia ambiental, especificamente, encontra determinado grau de peculiaridade no sentido de apresentar elementos caracterizadores de uma sistematização analítica que envolve a conservação ambiental sem inibir o crescimento econômico. Nesse sentido, Pearce e Turner (1995) mostram haver na natureza possibilidades de exploração até o limite da capacidade existente no meio ambiente e, adicionalmente, a permissividade em descartar resíduos sujeitos a uma restrição natural (tempo necessário para decomposição limitado pelo próprio meio ambiente).

Ballesteros (2008) e Cavalcanti (2010), na verdade, revelam que a preocupação da economia ambiental perpassa pela busca em garantir uma transição, quando for oportuno, de mudanças na matriz energética, a exemplo de recursos não renováveis para aqueles de cunho renováveis, demonstrando uma percepção bastante distinta da economia ecológica.

A literatura apresentada anteriormente, por extensão, explicita que a premissa básica da tradição neoclássica é conservada, em que a economia capitalista procura valorar os itens naturais, cuja principal expectativa dos agentes é garantir, racionalmente, o horizonte maximizador, reservando ao terreno secundário o meio ambiente e colocando a economia como fundamental no âmbito social.

Portanto, as escolas de pensamento sumariamente apontadas e seus respectivos modelos de análise, a rigor, revelam menores preocupações com as questões ambientais em favor da economia, sendo possível retomar esta leitura como uma procedência de Furtado (1974), autor do pensamento clássico brasileiro que não negligencia enfatizar nuances acerca do meio ambiente.

Acrescente-se, por sua vez, que Celso Furtado faz alusão às questões ambientais ao suscitar em sua discussão uma interrogação relevante, a saber: crescimento *vis-à-vis* desenvolvimento. Na obra *O mito do desenvolvimento econômico*, conforme já mencionado, nota-se uma flagrante preocupação do autor, que olha para o sistema econômico e percebe uma exaustiva busca por aumentar o produto, e no máximo se ventilam nuances distributivas de renda, deixando os recursos naturais periféricamente.

Finalmente, uma leitura sintética traz como eixo central a aceitação das questões ambientais em Furtado como um ponto notável e, necessariamente,

somente é possível haver desenvolvimento sem negligenciar os recursos naturais, sendo um interessante diálogo do pensador clássico brasileiro diante dos modelos das economias verde, ecológica e ambiental, suscitando algumas breves impressões aqui circunscritas.

O crescimento das energias renováveis no mundo nas últimas décadas, em especial a eólica, pode ser uma forma de buscar o desenvolvimento e ao mesmo tempo preservar os recursos naturais, evitando prejuízos para as gerações futuras. Assim, a próxima seção realiza uma revisão histórica da evolução da energia eólica no mundo.

2

ASPECTOS HISTÓRICOS DA ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

Proveniente da movimentação das massas de ar atmosféricas, a energia eólica ou dos ventos pode ser considerada como uma fonte de energia limpa e renovável disponível na natureza. Sua geração acontece a partir da transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação (Alves, 2006; Aneel, 2005).

Segundo Martins, Guarnieri e Pereira (2008), as primeiras utilizações da energia do vento pela humanidade remetem há mais de 3 mil anos. Ainda na antiguidade, a utilização dos ventos como fonte natural de energia começou a ser empregada em atividades agrícolas como a moagem de grãos e o bombeamento de água. Em vista disso, surgem os moinhos primitivos de eixo vertical em substituição à força humana ou animal nas atividades agrícolas. O vento também foi essencial no desenvolvimento da navegação marítima da época.

Já Dutra (2008) mostra que registros históricos apontam que a primeira utilização de moinhos de eixo vertical (cata-ventos) para moagem de grãos e bombeamento de água aconteceu por volta de 200 a.C. na Pérsia, de onde se espalhou pelo mundo e foram utilizados durante vários séculos. Na Europa, o uso dos cata-ventos se deu com o retorno das Cruzadas, há 900 anos. Já os moinhos de eixo horizontal do tipo “holandês” começaram a ser utilizados no século XII e rapidamente houve diversificação do seu uso na Holanda, Inglaterra e França, proporcionando a otimização de várias atividades agrícolas e refletindo positivamente na economia por vários séculos. Na Holanda, os

moinhos de vento tiveram várias aplicações, inclusive estiveram relacionados com a drenagem de água².

No final do século XIX, os cata-ventos passaram a ser adaptados para fins de geração de energia elétrica por Charles Francis Brush na cidade de Cleveland, nos Estados Unidos, sendo a primeira inovação tecnológica para produção de eletricidade, como afirmam Burton et al. (2001). A partir do início do século XX, diversos países buscaram o desenvolvimento e a utilização de turbinas eólicas de pequeno porte somente para suprir as necessidades energéticas de comunidades particulares isoladas, porém ainda não havia conexão com a rede elétrica. No entanto, Energês (2020) afirma que a crescente conscientização sobre poupar combustíveis fósseis impulsionada pela Segunda Guerra Mundial contribuiu para o avanço das turbinas eólicas de médio e grande porte em diversos países.

Esse avanço levou os Estados Unidos a construir, em 1941, a notável turbina eólica Smith-Putnam, com capacidade de geração de 1,25 MW, conectada à rede elétrica local, que funcionou até 1945, quando falhou. Mesmo falhando, esta foi considerada a maior turbina eólica construída ao longo de quatro décadas. No geral, com o fim da Segunda Guerra, os combustíveis fósseis voltaram a dominar o cenário mundial e houve pouco interesse na geração eólica dos aerogeradores, sendo esses construídos somente para pesquisa, conforme nos assegura Letcher (2023).

Pautados pela crise do petróleo que assolou o mundo na década de 1970, diversos países despertaram o interesse pelo desenvolvimento e investigação das fontes alternativas de energia. Assim, as energias renováveis se destacaram e atraíram fortes investimentos para o setor como forma de superar a escassez energética da época (Burton et al., 2001). O governo dinamarquês, diante dessa crise, criou um programa de incentivo às fontes renováveis de energia como iniciativa para suprir esse transtorno. Conforme Costa et al. (2009), a Dinamarca foi o país a operar a primeira turbina eólica ligada à rede elétrica pública, representando um marco para o ano de 1976.

Vale ressaltar ainda que, de acordo com Costa et al. (2009) e Enel Green Power [s.d.], a Dinamarca, além de ligar a primeira turbina eólica à rede elétrica, também foi pioneira na construção dos parques eólicos *offshore* no mundo. Inovando com o aproveitamento dos seus fortes ventos marítimos, o parque eólico de Vindeby, no alto-mar na Dinamarca, operou pela primeira vez

2 Vide Dutra (2008) para saber mais sobre a evolução tecnológica dos moinhos de ventos.

em 1991 com 11 turbinas eólicas que, juntas, tinham uma capacidade total instalada de 4,95 MW (Neoenergia, [s.d.]; Lempriere, 2017). Ainda na década de 1990, também como resultado de incentivos de governos locais e do desenvolvimento de políticas públicas, o mercado europeu se consolidou na produção de peças, componentes, *softwares* e instalações de energia eólica, como mostra Castro et al. (2018).

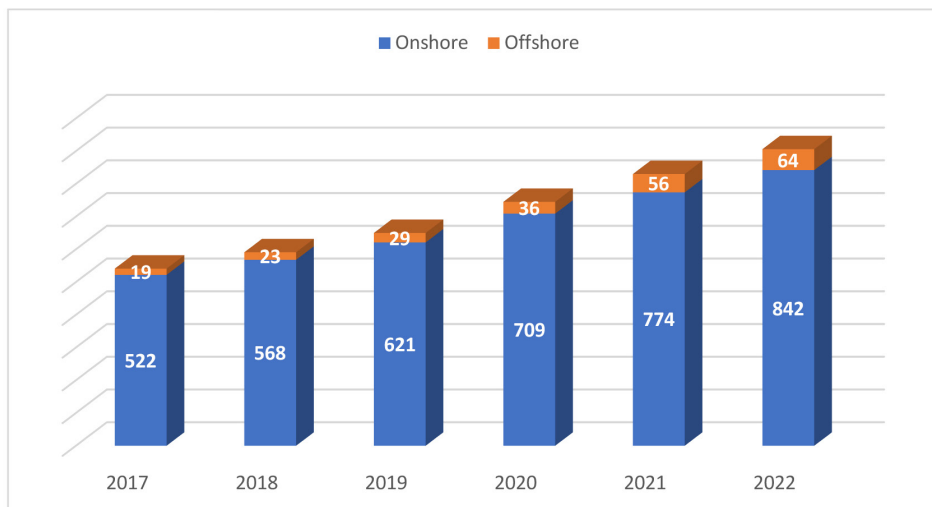
Atualmente, os principais produtores de energia eólica no mundo têm desempenhado um papel crucial na transição global para fontes de energia mais sustentáveis. A China destaca-se como líder indiscutível nesse cenário, impulsionando significativamente a geração tanto em instalações terrestres quanto *offshore*. Sua abordagem ambiciosa e investimentos substanciais na indústria eólica consolidam sua posição no topo da lista de maiores produtores globais. Outros países europeus também têm desempenhado um papel proeminente, com destaque para a Alemanha e a Espanha, que historicamente investiram maciçamente em parques eólicos. Os Estados Unidos também figuram entre os principais produtores, com expansão contínua em diversas regiões. Além disso, países como Índia e Brasil têm emergido como protagonistas no cenário global de energia eólica, destacando o crescimento e a diversificação desse setor em diferentes partes do mundo. Essa dinâmica reflete a importância crescente da energia eólica como uma fonte fundamental na matriz energética global e na busca por soluções mais sustentáveis para o futuro.

Como bem nos assegura Castro et al. (2018), o uso da energia eólica para a geração de eletricidade tem experimentado um notável crescimento global nos últimos anos, impulsionado por três fatores principais: segurança energética, cadeia produtiva e redução do impacto ambiental. Em decorrência desse cenário, o mercado global da indústria eólica tem evoluído significativamente, abrangendo avanços em tecnologia de *software*, fabricação de peças, componentes e instalações.

De acordo com o relatório anual do Global Wind Energy Council (GWEC, 2023), a capacidade eólica total globalmente instalada foi de 906 GW (gigawatts) no ano de 2022, o que representa, em termos percentuais, um crescimento de 9% em relação ao ano anterior, em que se produziram 830 GW. Do total produzido, 841,9 GW pertencem ao mercado eólico *onshore* (em terra) e 64,3 GW ao *offshore* (no mar), alimentados à rede no ano de 2022, conforme Figura 1.

Figura 1

Desenvolvimento histórico total de instalações eólicas (GW)

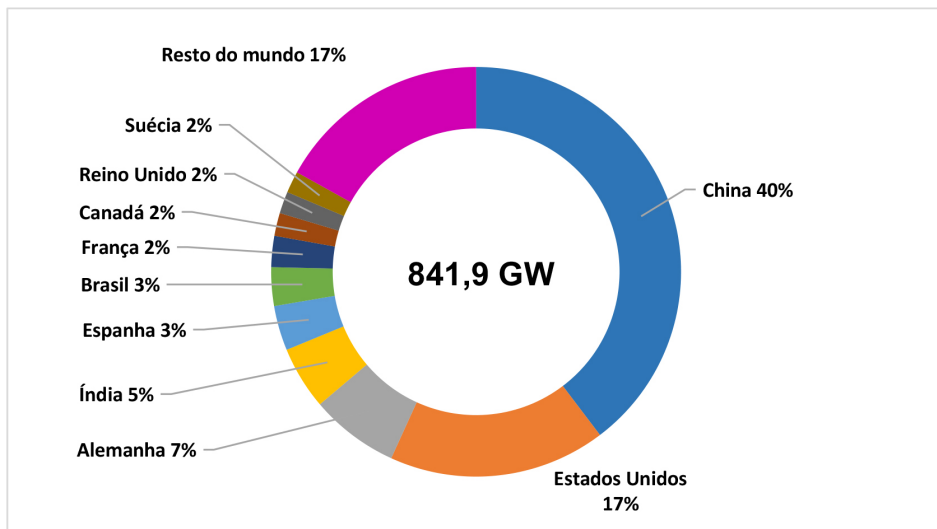


Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados do GWEC (2023).

Pertencente à região Ásia-Pacífico (Apac), a China é a maior potência do mundo em termos de participação no mercado eólico, contribuindo com 334 GW da capacidade eólica global *onshore* e 31,5 GW do total de instalações *offshore* mundiais em 2022, destacando-se no setor com a produção total de 365,5 GW, conforme as figuras 2 e 3. Em segundo lugar, estão os Estados Unidos, com a produção de 144 GW da capacidade global *onshore* adicionado à rede elétrica. O terceiro país no *ranking* eólico é a Alemanha, com sua produção de 59 GW *onshore* e 8,1 GW *offshore*, somando ao todo 67,1 GW. O Brasil, por sua vez, aparece em sexto lugar no *ranking* de produção mundial, contribuindo com 25,6 GW de capacidade instalada *onshore* em 2022, com a geração de energia eólica se firmando como um dos setores mais fortes do país.

Figura 2

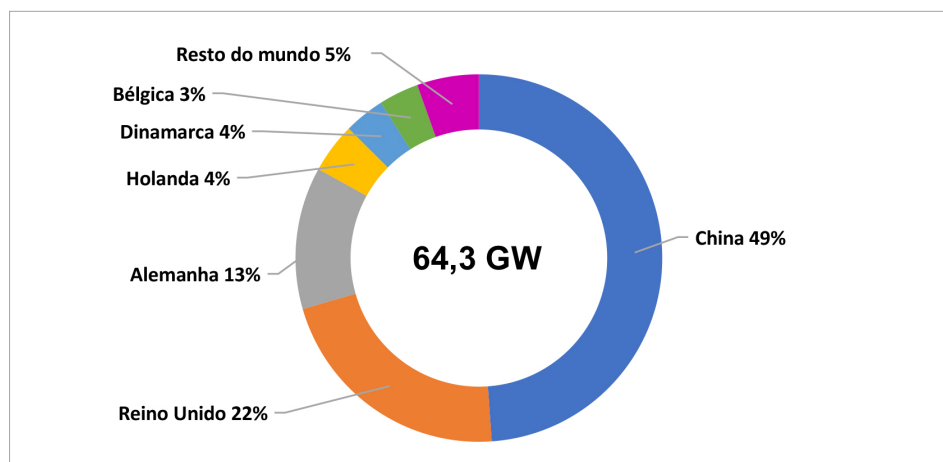
Total de instalações eólicas *onshore* operando no ano de 2022 (%)



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados do GWEC (2023).

Figura 3

Total de instalações eólicas *offshore* operando no ano de 2022 (%)

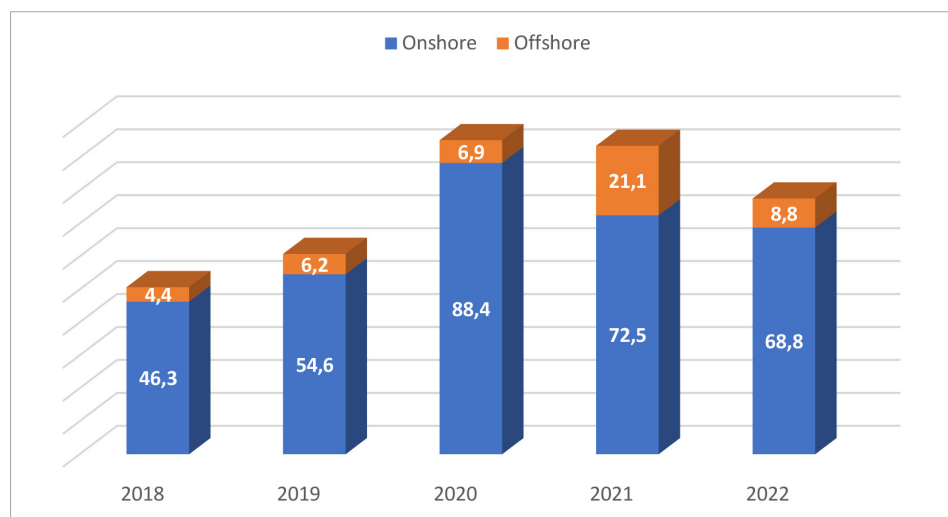


Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados do GWEC (2023).

Contudo, apesar de ter apresentado crescimento positivo na capacidade global total instalada, as instalações de novos parques eólicos para aumento da capacidade de energia apresentaram uma queda de 17,1% em relação ao ano de 2021. Em vista disso, a indústria eólica adicionou 77,6 GW de nova capacidade de energia eólica à rede elétrica em 2022, o que o torna o terceiro melhor ano da história em termos de nova capacidade instalada, ficando atrás somente do aditivo de 93,6 GW em 2021 e de 95,3 GW em 2020, conforme pode ser visto na Figura 4.

Figura 4

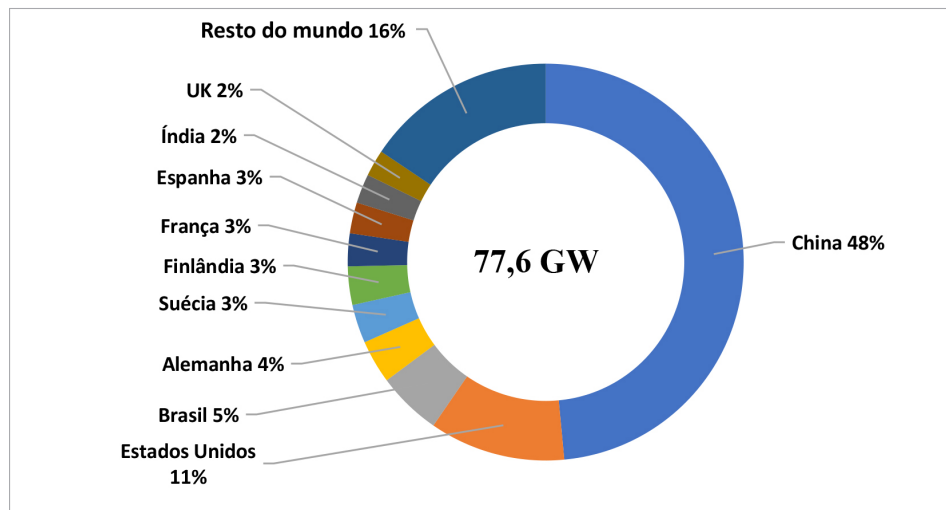
Novas instalações eólicas *onshore* e *offshore* em GW para o ano de 2022



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados do GWEC (2023).

Figura 5

Nova capacidade de energia eólica em 2022 dos principais países (em %)



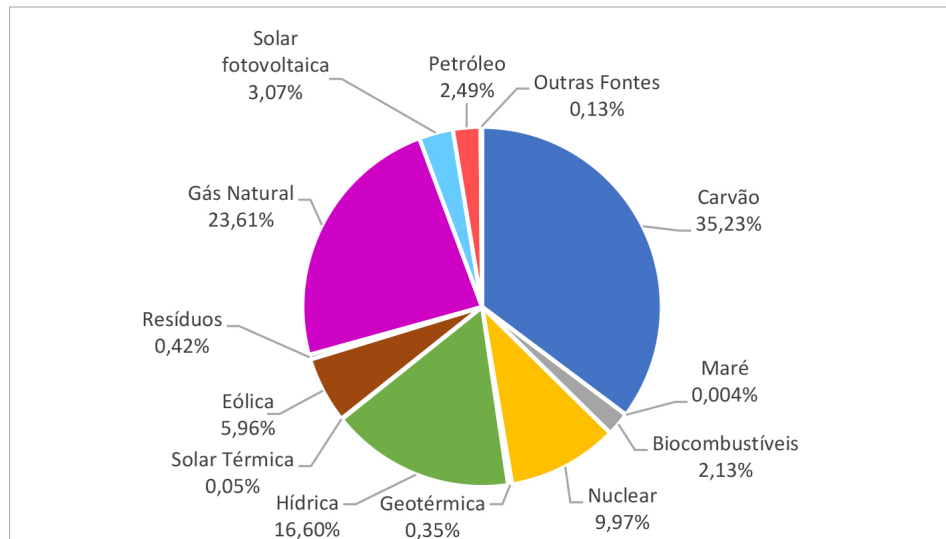
Fonte: GWEC (2023).

Ainda no que se refere às novas instalações, a China continua a liderar globalmente o desenvolvimento eólico, contribuindo com 48% das novas instalações. Os Estados Unidos mantiveram o segundo lugar com 11%, e o Brasil apresentou um ano recorde de instalações, com mais de 4 GW produzidos *onshore*, o que o deixou em 2022 como o terceiro país que mais instalou eólicas no mundo, com 5% do total mundial. Em seguida vem a Alemanha, com 4%, e Suécia, com 3%, respectivamente (Figura 5). Ao todo, esses cinco países contribuem com 71% das novas instalações nesse mesmo ano, sendo considerados os principais mercados do mundo para novas instalações em 2022.

Quando se trata da matriz energética mundial, ou seja, a soma do conjunto de todas as fontes de geração de energia elétrica globais, dados do IEA (2022) indicam que em 2020 as fontes não renováveis e poluentes como o carvão (35,23%), o gás natural (23,61%), a energia nuclear (9,97%) e o petróleo (2,49%) constituem grande parte da energia utilizada em todo o mundo (Figura 6).

Figura 6

Matriz elétrica total do mundo em 2020: GWh



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados do IEA (2022).

Embora esses combustíveis fósseis sejam fundamentais para a produção de energia e desenvolvimento mundial, as fontes não renováveis de energia provocam problemas ambientais como o aumento do efeito estufa, o aquecimento global e a contaminação por lixo radioativo, os quais são decorrentes da emissão de gases nocivos e da geração de rejeitos tóxicos que contaminam o solo, os cursos d'água e o ar atmosférico a partir do processo de produção de energia.

Por outro lado, as fontes de energia renováveis e/ou alternativas ainda necessitam de mais participação na matriz energética mundial, de modo a promover segurança energética e reduzir os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis. Dessa maneira, dentre as energias limpas, o destaque se dá para a energia hídrica (16,6%) gerada a partir da força das águas. Em seguida, aparece a energia eólica — apesar de 2020 ter sido o ano recorde na adição de novas instalações, o setor ocupa o quinto lugar na classificação da matriz energética mundial, com 5,96% de contribuição nesse mesmo ano (IEA, 2022).

A importância de uma matriz energética renovável é significativa e abrange diversos aspectos, refletindo desafios e aspirações relacionados à sustentabili-

dade e ao meio ambiente, bem como aspectos econômicos e sociais. Além disso, a adoção de fontes renováveis promove o desenvolvimento sustentável, pois elas oferecem uma alternativa mais duradoura e menos prejudicial para atender às necessidades de energia, alinhando-se aos princípios de responsabilidade social e econômica.

Em suma, uma matriz energética renovável desempenha um papel vital na promoção de um futuro mais sustentável, reduzindo impactos ambientais, garantindo segurança energética e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social, como sugeriu Furtado (1974). A próxima seção busca analisar a evolução da energia eólica no Brasil e sua contribuição para uma matriz energética brasileira mais limpa.

3

ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O primeiro aerogerador brasileiro foi instalado em 1992 no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, fruto da parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (Celpe), em conjunto com o instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Com uma capacidade de 75 kW, altura de 23 metros e uma produção correspondente a aproximadamente 10% da energia consumida na ilha, esse projeto contribuiu para a economia de 70 mil litros de diesel por ano (Aneel, 2005; Gouvêa & Silva, 2018; Silva, 2023).

No que se refere às usinas, após o desenvolvimento de projetos-piloto, foi inaugurado em 1999 o primeiro Parque Eólico de Taíba, localizado na praia de Taíba, em São Gonçalo do Amarante/CE. A referida usina, instalada sobre as dunas da praia, contou com a operação de dez aerogeradores de 44 metros e 500 KW, sendo pioneira na produção de energia no Brasil (Moreira et al., 2013; Memória da Eletricidade, 2018).

Para Barroso et al. (2022), os custos da geração de energia eólica ainda eram altos em função do seu estágio inicial de desenvolvimento. Esse fator, aliado à falta de políticas públicas, motivou a baixa competitividade e o pouco crescimento dessa nova tecnologia durante a próxima década.

No entanto, para Silva (2015), a crise de racionamento no setor energético brasileiro em 2001 proporcionou uma oportunidade para transformações e novas perspectivas em relação à matriz elétrica nacional. Nesse sentido, Krell

e Castro (2020) acrescentam que essa crise energética evidenciou que a matriz elétrica brasileira precisava de uma mudança estrutural, o que estimulou no país a importância e a busca pelo desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia, como a energia de base eólica.

Em vista disso, no que se refere aos esforços contingenciais diante dessa crise de energia elétrica em 2001, o governo federal criou o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica) no território nacional a partir da Resolução nº 24, de 5 de julho de 2001, instituída pelo presidente da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE). Com o objetivo de incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica integrada ao sistema elétrico nacional, o programa objetivava viabilizar a implantação de 1.050 MW de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica, até dezembro de 2003. Contudo, esse programa emergencial não atingiu resultados satisfatórios e foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o Proinfa³.

Sendo assim, o Proinfa, criado pelo governo federal em 26 de abril de 2002 pela Lei nº 10.438 e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), tinha o objetivo de fomentar a diversificação da matriz elétrica brasileira por meio do aumento da produção de energia elétrica por empreendimentos de fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

Entre as diversas medidas adotadas, o Proinfa determinou que deveriam ser contratados e implantados 3.300 MW de capacidade oriundos de fontes alternativas de energia, com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2008 e a ser produzida no prazo de 20 anos. De acordo com Torres e Moreira (2020), além de estimular o crescimento das fontes renováveis na matriz energética, o Proinfa propiciou o estabelecimento da indústria de componentes e turbinas eólicas no Brasil, por meio de requisitos de conteúdo nacional para os aerogeradores originados desse programa.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em 2003 a energia eólica tinha contribuição ainda bem discreta na produção de energia elétrica do país, tendo em vista que, nesse mesmo ano, havia somente seis pequenos parques eólicos em operação no Brasil, que, conjuntamente, totalizavam a capacidade instalada de 22 MW. As centrais que mais se destacavam nesse cenário eram os parques eólicos de Taíba e Prainha, no estado do Ceará,

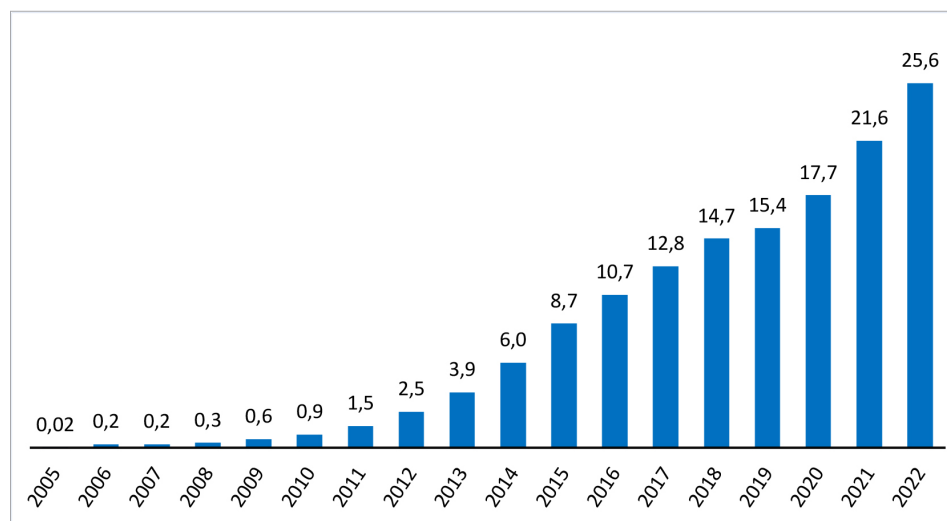
3 Vide Silva (2023).

que juntas somavam 68% do parque eólico nacional, com 5 e 10 MW de potência instalada, respectivamente, também em 2003⁴.

A Figura 7, a seguir, revela a evolução da capacidade instalada e o crescimento da fonte eólica brasileira ao longo dos anos. De acordo com os dados da ABEEólica, foi possível observar que a produção de energia eólica no Brasil pouco avançou até 2010, quando a capacidade instalada era menor que 1 GW no país. Todavia, o Brasil passou por um aumento do potencial produtivo em função do crescente interesse pelos parques eólicos e pelas fontes renováveis.

Figura 7

Evolução histórica da capacidade eólica instalada no Brasil em GW



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados da ABEEólica (2022).

Nesse contexto, a partir dos substanciais investimentos em energia eólica originados do primeiro leilão competitivo de 2009, o Brasil experimentou um notável aumento no volume de projetos eólicos contratados. Conforme observado por Simas (2012), o país se destacou como o mercado mais atraente da América do Sul. Inicialmente, com uma capacidade eólica instalada de 0,9 GW em 2010, o Brasil registrou um crescimento expressivo ao longo dos anos no

4 Vide Aneel (2005).

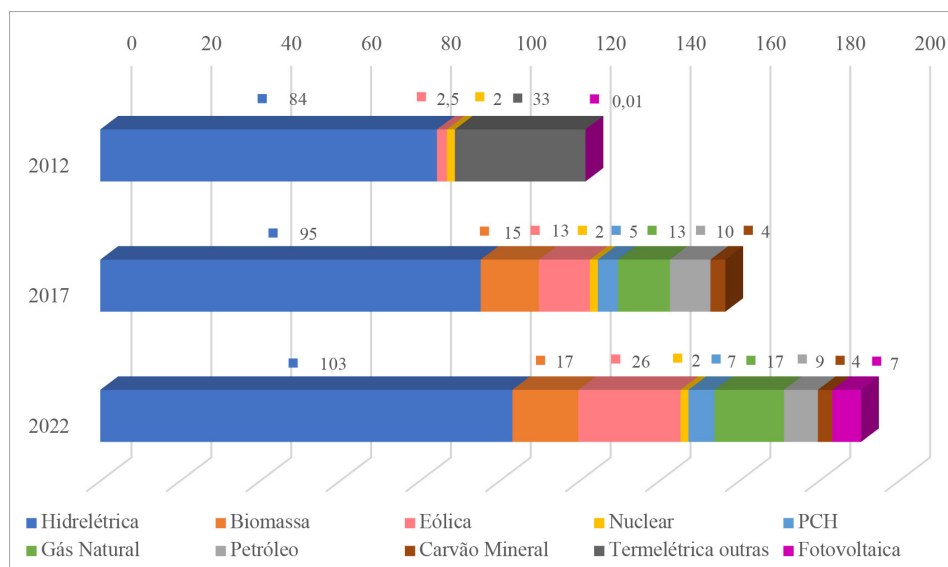
setor, atingindo 6 GW em 2014, 15,4 GW em 2019 e, finalmente, 25,6 GW em 2022.

No que se refere à matriz energética brasileira, o país historicamente tem sido destaque, quando comparado ao restante do mundo, em função de as fontes alternativas de energia serem a base da sua matriz elétrica. Conforme ilustrado na Figura 8, as energias limpas representavam 71,44% da produção de elétrica nacional em 2012, crescendo para 81,53% em 2017 e para 83,46% em 2022, respectivamente.

A fonte hidrelétrica manteve-se como a principal protagonista na geração elétrica ao longo dos três anos analisados. Entretanto, a energia eólica evidenciou um progresso notável nesse período. Ao término de 2012, essa fonte registrou um potencial produtivo instalado de 2,5 GW distribuídos em 108 parques eólicos. Esse marco representou um avanço de aproximadamente 19% em relação ao ano anterior, quando o país contava com apenas 68 parques eólicos em operação, totalizando uma potência de 1,45 GW.

Figura 8

Evolução histórica da matriz elétrica brasileira em GW



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados da ABEEólica (2022).

É importante destacar ainda que o setor continuou avançando, e o ano de 2022 terminou com 904 usinas em operação, totalizando 25,63 GW de potência eólica instalada, o que corresponde a um crescimento de 50% em relação ao ano de 2017, quando a capacidade instalada era de 13 GW e 508 parques.

O crescimento vigoroso e dinâmico do setor eólico muito se deve à combinação dos ventos alísios de leste e das brisas terrestres e marinhas que incidem sobre o território brasileiro. Esses fenômenos de circulação atmosférica, juntos, provocam ventos persistentes que chegam a atingir de 5 m/s a 7,5 m/s nos litorais do Amapá e do Pará (norte da Bacia Amazônica), e ventos ainda mais velozes de 6 m/s a 9 m/s nos litorais nordestinos do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Essa particularidade da zona litorânea Norte-Nordeste acontece, por sua vez, em função de a Depressão Equatorial estender-se de oeste a leste ao longo da região Norte do Brasil, o que induz os ventos a serem mais persistentes sobre essas regiões do território brasileiro⁵.

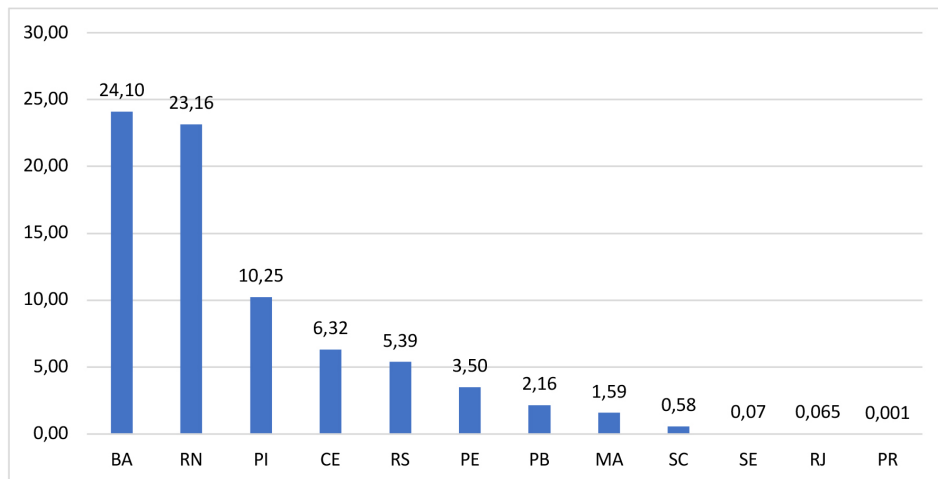
Diante desse cenário promissor para a energia eólica nessas áreas, o Nordeste vem se destacando no crescimento do setor eólico no Brasil. Em 2022, a região contribuiu com 90,3% da geração total do sistema, alcançando a marca de 70,48 TWh. Esse desempenho representa um aumento de 12% em relação a 2021, quando o Nordeste gerou 88,7% da energia eólica do país, totalizando 63,20 TWh.

O alto fator de capacidade de geração eólica do Nordeste, impulsionado pelos seus bons ventos, faz com que os quatro maiores produtores de energia eólica estejam nessa região, conforme pode ser observado na Figura 9.

5 Vide Amarante et al. (2001).

Figura 9

Geração por estado brasileiro em 2022 (TWh)



Fonte: Elaborada pelos autores com base em dados da ABEEólica (2022).

No que se refere à geração, a Bahia liderou nacionalmente a produção de energia eólica, contribuindo com 24,10 TWh de energia em 2022, o que representa 31,2% da produção total. Em segundo lugar aparece o Rio Grande do Norte, com a geração de 23,16 TWh, representando 30% do país. Em seguida vem o Piauí, com 10,25 TWh (13,3%), e o Ceará, com 6,32 TWh (8,2%), respectivamente. O quinto lugar foi ocupado por um estado sul-brasileiro, o Rio Grande do Sul, que produziu em 2022 um total de 5,39 TWh (7%). Ao todo, esses cinco estados contribuíram com aproximadamente 90% da geração eólica do Brasil nesse mesmo ano, sendo considerados os principais mercados brasileiros para a geração eólica.

Vale ressaltar ainda que o Brasil terminou 2022 com recorde nas instalações de nova capacidade eólica, somando-se 109 novos parques eólicos ao país nesse ano. Os estados contemplados com os novos empreendimentos eólicos em 2022 foram a Bahia, com 52 novos parques, seguida do Rio Grande do Norte, com 26 usinas eólicas, o Piauí, com 24, Pernambuco, com quatro, Paraíba, com duas e o Ceará, com um parque eólico, respectivamente,

o que em muito contribuiu para o avanço do setor nesses estados do Nordeste e no país⁶.

Essa ascensão da energia eólica no Brasil está intrinsecamente ligada aos princípios do desenvolvimento sustentável, embora ocorram algumas externalidades negativas⁷. A expansão significativa da capacidade eólica no país não apenas diversifica a matriz energética, reduzindo a dependência de fontes não renováveis, mas também contribui significativamente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Os fortes ventos que caracterizam regiões como o Nordeste brasileiro, propícias para a instalação de parques eólicos, destacam a utilização eficiente dos recursos naturais. Além de promover a segurança energética e a estabilidade econômica, a energia eólica no Brasil estimula a inovação e a criação de empregos em setores relacionados, consolidando-se como um vetor de crescimento econômico sustentável.

Portanto, a integração estratégica da energia eólica no panorama energético do país não apenas atende às necessidades presentes de eletricidade, mas também representa um compromisso essencial com as gerações futuras, contribuindo para um futuro mais sustentável e equitativo, como requerido por Furtado (1974).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o setor de energia eólica tem apresentado crescimento positivo na capacidade global total instalada e no aumento da capacidade de geração de energia ao longo dos anos em todo o mundo. Porém, apesar de todo o avanço, a matriz energética mundial ainda se constitui basicamente por fontes não renováveis, o que significa uma participação de aproximadamente 71% dos combustíveis fósseis na geração de energia elétrica global. Nesse cenário, o segmento eólico, ainda que tenha apresentado crescimento, ocupava o quinto lugar na produção de energia da matriz energética mundial em 2020, com 5,96% de contribuição, sendo a China dominante na produção de energia de base eólica *onshore* e *offshore* em 40% e 49%, respectivamente.

Em contrapartida, no que se refere à matriz elétrica brasileira, as fontes renováveis de energia se destacam como a base da produção de energia elétrica

6 Dados da ABEEólica (2022).

7 Vide Traldi e Rodrigues (2023) sobre os impactos negativos da geração de energia eólica.

ca no país, representando 83,46% da geração em 2022. O setor eólico, por sua vez, ocupou o segundo lugar na produção de energia nesse mesmo ano, com a geração de 13,44%, o que manteve sua posição consistente como um dos setores de geração de energia mais fortes do Brasil, ficando atrás somente da fonte hidrelétrica, que é dominante e fornece aproximadamente 54% da energia gerada no país. A disponibilidade de fontes renováveis no Brasil é algo certamente único no mundo, especialmente os segmentos eólico e hidrelétrico, o que o torna um país rico em potencial de suporte às questões socioambientais e no fortalecimento da transição energética mundial. O Nordeste tem liderado significativamente a produção nacional de energia eólica, sendo a Bahia e o Rio Grande do Norte os estados com maior capacidade produtiva em 2022, produzindo 31,2% e 30% da energia gerada no país nesse ano, respectivamente.

Em vista disso, cabe ressaltar, portanto, que as fontes de energia renováveis e/ou alternativas ainda necessitam de mais participação na matriz energética mundial, de modo a promover segurança energética e reduzir os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis. A energia eólica, por sua vez, tem potencial de avançar ainda mais e contribuir para a segurança energética sustentável, para a redução da emissão de poluentes atmosféricos e para lutar contra os efeitos do aquecimento global. Por esse motivo, as perspectivas do mercado eólico são bastante promissoras, o que, aliado a incentivos governamentais, torna-se uma alternativa viável à descarbonização e transição para energias limpas, uma vez que somente um país não consegue sozinho, é preciso uma ação conjunta entre todas as nações para atingir tais metas.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND WIND ENERGY IN BRAZIL

Abstract

In the face of a scenario marked by environmental degradation caused by the disorderly use of natural resources, wind energy emerges as a way to pursue development while simultaneously preserving natural resources, without compromising the well-being of current and future generations. Thus, this article aims to conduct an analysis of the evolution and generation of wind energy on a global and national scale, as well as to present the configuration of

their electrical matrix, identifying the major wind energy producers. The data indicate that in recent decades, the generation of electrical energy from wind sources has shown vigorous and dynamic growth worldwide. China, in turn, leads the global wind generation scene both onshore and offshore, with Brazil ranking sixth in global production in 2022. Brazil is considered a reference globally due to renewable sources having composed its electrical matrix for many years, with wind energy strongly established in the Northeast of the country a region favored by strong and persistent winds annually. Therefore, it is evident that the wind energy sector has the potential to contribute to the energy transition, reduce socio-environmental disturbances caused by the greenhouse effect, and enhance energy security through reliance on clean energy.

Keywords: Wind energy; energy matrix; sustainable development; renewable energy; Celso Furtado.

Referências

Agência Nacional de Energia Elétrica. (2005). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* (2a.ed.). Aneel.

Almeida, L. T. (2012). Economia verde: a reiteração de ideias à espera de ações. *Revista Estudos Avançados*, 26(74), 93–104.

Alves, A. M. (2017). *Desenvolvimento de um aplicativo computacional para dimensionamento técnico e econômico de biodigestores tipo tubular*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná].

Alves, J. J. A. (2010). Análise regional da energia eólica no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 6(1), 165–188.

Alves, J. J. A. (2006). *Estimativa da potência, perspectiva e sustentabilidade da energia eólica no estado do Ceará*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande].

Amarante, O. A. C., Brower, M., Zack, J., & Sá, A. L. (2001). *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Ministério das Minas e Energia.

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2012). *Boletim Anual de Geração Eólica 2012*. 2012. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Boletim_anual_de_geracao_eolica_2012.pdf

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2017). *Boletim Anual de Geração Eólica 2017*. 2017. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2017_FINAL.pdf

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2022). *Boletim Anual 2022*. <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>

Associação Brasileira de Energia Eólica. (n.d.). *Desenvolvimento da eólica no Brasil*. <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/o-setor/>

Ballesteros, M. H. (2008). Economía ambiental y economía ecológica: un balance crítico de su relación. *Economía y Sociedad*, 13(33-34), 55–65.

Barroso, L. L., Oliveira, M., Galvão, M. E. M., Silva, G. J., Cunha, D., Silva, L. S., Cristo, J. P., Antunes, G. N., Cabral, E. L., & Silva, J. A. C. (2022). Aspectos gerais sobre a viabilidade de instalação de energia eólica no Brasil. *Research, Society and Development*, 11(9), e308911931781.

Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind energy handbook*. John Wiley & Sons.

Castro, M. T., Souza, M. G., Oliveira, Castro, A. (2019). Energias renováveis: energia eólica, seus efeitos e ganhos ambientais. *Itegam-jetia*, 5(19), 103–108.

Cavalcanti, C. (2010). Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Revista Estudos Avançados*, 24(68), 53–68.

Cechin, A., & Pacini, H. (2012). Economia verde: por que o otimismo deve ser aliado ao ceticismo da razão. *Revista Estudos Avançados*, 26(74), 121–135.

Costa, R. A., Casotti, B. P., & Azevedo, R. L. S. (2009). Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*, (29), 229–278.

Daly, H. E. (2004). Crescimento sustentável? Não, obrigado. *Ambiente e Sociedade*, 7(2), 197–201.

Diniz, E. M., & Bermann, C. (2012). Economia verde e sustentabilidade. *Revista Estudos Avançados*, 26(74), 323–330.

Dutra, R. (Org.). (2008). *Energia eólica: princípios e tecnologia*. Cresesb.

Enel Green Power. (n.d.). *Eólica offshore: quando a energia eólica vem do mar*. <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/energias-renoveveis/energia-eolica/parque-e%C3%B3lico-offshore>

Energês. (2020, May 26). *História da energia eólica*. <https://energes.com.br/historia-da-energia-eolica/>

Furtado, C. (1974). *O mito do desenvolvimento econômico* (2a.ed.). Paz e Terra.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674281653>

Global Wind Energy Council. (2017). *Annual Market Update 2017 - Global Wind Report*. https://gwec.net/wp-content/uploads/2020/11/GWEC_Global_Wind_2017_Report.pdf

Global Wind Energy Council. (2023). *Global Wind Report 2023*. <https://gwec.net/globalwindreport2023/>

Gouvêa, R. L. P., & Silva, P. A. (2018). Desenvolvimento do setor eólico no Brasil. *Revista do BNDES*, 25(49), 81-118.

International Energy Agency. (2022). Energy Statistics Data Browser. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>

Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. (2002). Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110438.htm

Lempriere, M. (2017). Full circle: decommissioning the first ever offshore windfarm. *Power Technology*. <https://www.power-technology.com/features/full-circle-decommissioning-first-ever-offshore-windfarm/?cf-view>

Letcher, T. (Ed.). (2023). *Wind energy engineering: a handbook for onshore and offshore wind turbines*. Elsevier.

Krell, A. J., & Castro, C. B. (2020). A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 11(2), 157–188.

Krugman, P. R. (1988). Differences in income elasticities and trends in real exchange rates. *Monetary Economics*.

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

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.

Memória da Eletricidade. (2018). *Parque Eólico de Taíba*. <https://www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/31266/parque-eolico-de-taiba>

Moreira, R. N., Vidal, F. A. B., Viana, A. F., & Oliveira, D. A. B. (2013). Energia eólica no quintal da nossa casa?! Percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de Sítio do Cumbe em Aracati-CE. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 2(1), 45–73.

Nascimento, R. S., & Silva, C. A. G. (2016). Parâmetros da energia eólica no Brasil e no mundo. *Revista Uningá Review*, 28(3), 154–157.

Neonergia. (n.d.). *A história da energia eólica*. <https://www.neoenergia.com/en/w/a-historia-da-energia-eolica>

Pearce, D., & Turner, R. (1995). *Economía delos recursos naturales y del medio ambiente* (2a ed.). Celeste.

Resolução nº 24, de 5 de julho de 2001. (2001). Cria o Programa Emergencial de Energia Eólica - Proeólica no território nacional. https://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Resolu%C3%A7%C3%A3o/RES24-01.htm

Schmitz, A. P., & Bittencourt, M. V. L. (2017). Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. *Revista Estudos Econômicos*, 47(2), 329–363.

Silva, N. F. (2015). *Energias renováveis na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica*. Synergia.

Silva, N. F. (2006). *Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro].

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

Silva, S. S. F., Alves, A. C., & Ramalho, Â. 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.

Simas, M. S. (2012). *Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: Estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].

Torres, P., Jr., & Moreira, C. A. L. (2020). O programa de incentivo às energias renováveis no Brasil (Proinfa) e a sua relação com a sustentabilidade: um estudo sobre a política energética brasileira sob a ótica neoliberal neoextrativista. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 15466–15478.

Traldi, M., & Rodrigues, A. M. (2023). O duplo caráter da despossessão na produção de energia eólica no semiárido brasileiro. *Espaço e Economia*, XII(25), 1–21.

Vichi, F., & Mansor, M. T. C. (2009). Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Química Nova*, 32(3), 757–767.