

## O AVANÇO DA ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE* NO MUNDO E NO BRASIL

CAIO DE ARAUJO PIRES<sup>1</sup>; LARISSA PINHEIRO COSTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [caiopires780@gmail.com](mailto:caiopires780@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [costa.larissa@ufpel.edu.br](mailto:costa.larissa@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A energia eólica é uma forma de energia renovável obtida a partir da conversão da energia cinética do vento em energia elétrica por meio de aerogeradores (SOUZA, 2023). Esses dispositivos utilizam as pás de suas hélices para capturar o movimento do ar e girar um rotor conectado a um gerador, que então produz eletricidade (RAMOS, 2022). A energia eólica desempenha um papel crucial na transição para fontes mais limpas e sustentáveis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a diversificação da matriz energética (MANWELL *et al.*, 2010).

A utilização da energia eólica remonta a séculos atrás, quando culturas antigas aproveitavam a força do vento para moer grãos e bombear água. No entanto, o desenvolvimento moderno da energia eólica teve início no final do século XIX e se intensificou ao longo do século XX com avanços tecnológicos (GIPE e MÖLLERSTRÖM, 2022). Uma prática comum é agrupar as turbinas eólicas em parques eólicos, visando uma otimização ainda maior da energia captada e reduzindo os possíveis impactos ambientais (RAMOS, 2022). É relevante notar que essas máquinas têm uma vida útil média de cerca de vinte anos, destacando a durabilidade e a sustentabilidade desse sistema de geração de energia (WITTEMBERG, 2021).

Por meio da constante evolução e adaptação, a energia eólica continua a ser uma alternativa crucial no cenário global de energia, proporcionando uma fonte confiável de eletricidade enquanto contribui para a proteção do nosso planeta. A transição da energia eólica *onshore* para a *offshore* representa um avanço significativo na busca por fontes de energia limpa e renovável (SILVA, 2023). A mudança para parques eólicos *offshore*, localizados em águas mais profundas, oferece vantagens como ventos mais constantes e intensos, redução de impactos visuais e sonoros em áreas habitadas, além de possibilitar a instalação de turbinas maiores e mais eficientes (THOMSEN, 2014). Isso amplia o potencial de geração de eletricidade e contribui para metas mais ambiciosas de redução de emissões de carbono (JIANG, 2021).

Tendo em vista o exposto acima, o objetivo deste trabalho é avaliar como os principais países em geração de energia vêm investindo na geração eólica, demonstrando a sua importância para o futuro energético do planeta. Além disso, o trabalho deverá apresentar os motivos pelos quais esses países se destacam no setor, e comparando por fim, a realidade brasileira no desenvolvimento de energia eólica *offshore*.

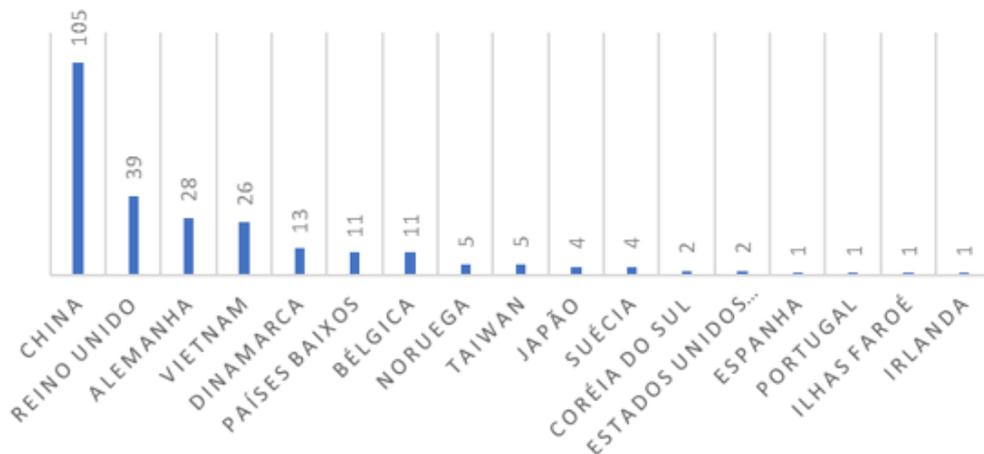
### 2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de uma revisão bibliográfica aprofundada através da plataforma Google Acadêmico. Logo após, foi realizado o levantamento de dados encontrados na literatura, focando na geração de energia eólica dos principais países do mundo. Os dados foram tratados no *software* Excel.

Por fim, optou-se por focar nos dois principais países observados nos gráficos de geração de energia eólica *offshore*, fazendo um relato detalhado dos marcos históricos que fizeram estes países de destacarem no setor. Por fim, procurou-se avaliar a realidade brasileira para o setor eólico *offshore*, procurando-se destacar os principais avanços e desafios que serão enfrentados para o mercado brasileiro de energia renovável.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes marinhos apresentam desafios técnicos significativos, como ventos fortes, corrosão, salinidade e acessibilidade limitada para manutenção. Lidar com esses desafios exigiu avanços em design de turbinas, sistemas de ancoragem e tecnologias de monitoramento (DA *et al.*, 2011) A instalação de parques eólicos *offshore* pode ter impactos ambientais e sociais, como perturbação da vida marinha e deslocamento de comunidades costeiras. Através da Figura 1, observa-se que a China lidera o mercado com relação a quantidade de parques eólicos *offshore* instalados. Desde o início do século XXI, a China se estabeleceu como líder global na produção de energia eólica, impulsionando a tecnologia e a capacidade de geração *onshore* e, mais recentemente, expandindo-se para projetos *offshore*. A crescente demanda por energia e políticas favoráveis contribuíram para o rápido crescimento desse setor na China (HILTON, 2013),



**Figura 1** – Quantidade de parques eólicos *offshore* no mundo em janeiro de 2023. Fonte: STATISTA (2023)

Ainda com que se refere a China, para lidar com questões ambientais e sociais foram realizados diversos estudos de impacto ambiental abrangentes e esforços de mitigação de danos (CHEN *et al.*, 2023) Além disso, visando garantir financiamento adequado e estabelecer regulamentações claras para o setor de energia eólica *offshore* a China precisou criar políticas e incentivos para atrair investimentos e promover o crescimento desse setor (CHEN *et al.*, 2023) A expansão da energia eólica *offshore* na China é um exemplo de como um país pode enfrentar esses desafios por meio de pesquisa, e políticas adequadas (ALBUQUERQUE, 2021).

Já no Reino Unido, com o desdobramento da Revolução Industrial, o carvão e os combustíveis fósseis foram amplamente utilizados, resultando em um rápido esgotamento dos recursos naturais e no aumento do dióxido de carbono na atmosfera, um dos principais agravantes do aquecimento global (POTISOMPORN, 2022). Com as metas da ONU de redução da emissão de carbono, o Reino Unido

viu na energia eólica *offshore* uma excelente oportunidade de investimento para o futuro (PARENTE, 2018).

Considerando a expansão da energia eólica *offshore* no Brasil, observa-se uma série de desafios técnicos. Com um avançado estagnado, é possível destacar que a obtenção de licenças ambientais é um processo demorado e complexo para projetos de energia eólica *offshore* no Brasil (DE VASCONCELOS, 2022) Além disso, a falta da correta infraestrutura vem retardando o desenvolvimento das turbinas eólicas. Destaca-se que cerca de 75% dos custos de fazendas eólicas *onshore* são custos únicos iniciais apenas para colocar as turbinas em funcionamento, tornando-o muito intensivo em capital (LUCENA e LUCENA, 2019). Dessa parcela, 75% são destinados à construção das turbinas e mais 9% às linhas de transmissão que as conectam à rede elétrica. O restante é destinado à construção de fundações e estradas de acesso, bem como ao pagamento de aluguel aos proprietários de terras. Uma vez construída a fazenda eólica, os últimos 25% dos custos são destinados à manutenção de rotina, peças sobressalentes e à desativação eventual das turbinas 20 anos depois, ao final de sua vida útil. LUCENA e LUCENA (2019) mencionam ainda que a construção de novas linhas de transmissão pode aumentar significativamente os custos, o que é especialmente verdadeiro para os parques eólicos *offshore* e tem contribuído para seu desenvolvimento global mais lento. A complexidade dos problemas regulatórios ressalta a importância de uma abordagem abrangente e bem estruturada para o desenvolvimento da energia eólica *offshore* no Brasil.

Por fim, destaca-se que a energia eólica *offshore* possui muito mais vantagens do que sua contraparte *onshore*, já que os locais de instalação em terra estão se tornando cada vez mais escassos em comparação com a vasta gama de locais *offshore* disponíveis (BRENTON e MOE, 2009). Como os locais estão na costa, o impacto visual e as emissões de ruído podem quase ser eliminados (MOSTAFAEIPOUR, 2010). Outra grande vantagem do *offshore* é o fato de que os ventos *offshore* são geralmente mais fortes, mais uniformes e com menos turbulência (MOSTAFAEIPOUR, 2010). De acordo com BRETON e MOE (2009), isso pode possibilitar uma maior produtividade, o que poderia compensar os custos mais elevados de instalação e operação.

#### 4. CONCLUSÕES

Desastres naturais e crises econômicas são muito ligadas à dependência global da utilização de combustíveis fósseis. Dito isso, a energia eólica pode cumprir um papel enorme na mudança da matriz energética ao redor do mundo, diminuindo custos, reduzindo a emissão de carbono e fazendo assim com que possamos produzir uma energia mais limpa. Além disso, é possível concluir que os países que investiram nisso saíram na frente em comparação com os outros, pois é uma maneira muito efetiva de utilizar o espaço, contribuindo com partes significativas da matriz energética dos países, possibilitando uma melhor utilização de recursos no geral. A aprovação das regulamentações em terras brasileiras se vê como muito necessária, para que assim possamos melhorar o ecossistema e a utilização de capital brasileiro.

É crucial que essa abordagem leve em consideração não apenas os aspectos técnicos e regulatórios, mas também os desafios ambientais e econômicos. À medida que a indústria amadurece e acumula experiência, espera-se que a resolução desses desafios regulatórios se torne mais eficaz, impulsionando assim o crescimento da energia eólica *offshore* no país.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, Tatiane Souza de. China na corrida por energia limpa: os desafios da segurança energética para o desenvolvimento sustentável. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. 2021
- BRETON, Simon-Philippe; MOE, Geir. Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. **Renewable energy**, v. 34, n. 3, p. 646-654, 2009.
- CHEN, Jingjing et al. Green development strategy of offshore wind farm in China guided by life cycle assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 188, p. 106652, 2023.
- DA, Zhang et al. Offshore wind energy development in China: Current status and future perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 9, p. 4673-4684, 2011.
- DE VASCONCELOS, Rafael Monteiro et al. Environmental licensing for offshore wind farms: Guidelines and policy implications for new markets. **Energy Policy**, v. 171, p. 113248, 2022.
- GIPE, Paul; MÖLLERSTRÖM, Erik. An overview of the history of wind turbine development: Part I—The early wind turbines until the 1960s. **Wind Engineering**, v. 46, n. 6, p. 1973-2004, 2022.
- HILTON, Isabel. **China and the environment: The green revolution**. Zed Books Ltd., 2013.
- JIANG, Zhiyu. Installation of offshore wind turbines: A technical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 139, p. 110576, 2021.
- LUCENA, Juliana de Almeida Yanaguizawa; LUCENA, Klayton Ângelo Azevedo. Wind energy in Brazil: an overview and perspectives under the triple bottom line. **Clean Energy**, v. 3, n. 2, p. 69-84, 2019.
- MANWELL, James F.; MCGOWAN, Jon G.; ROGERS, Anthony L. **Wind energy explained: theory, design and application**. John Wiley & Sons, 2010.
- PARENTE, Patrícia Asfor. **Análise do cenário global político-econômico do setor de energias renováveis com foco nas fontes solar fotovoltaica e eólica (2010-2016)**. 2018.
- POTISOMPORN, Panit; VOGEL, Christopher R. Spatial and temporal variability characteristics of offshore wind energy in the United Kingdom. **Wind Energy**, v. 25, n. 3, p. 537-552, 2022.
- RAMOS, Silvana dos Santos. **Design de pás para microturbinas eólicas de eixo horizontal**. 2022.
- STATISTA. **Number of offshore wind farms operating worldwide as of January 2023, by country**. 2023. Acessado em 10 de set de 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264257/number-of-offshore-wind-farms-worldwide-by-country/>
- SOUZA, Victor Hugo Pinhel Gonçalves de. **Análise de impacto da geração de energia eólica**. 2023.
- THOMSEN, Kurt. **Offshore wind: a comprehensive guide to successful offshore wind farm installation**. Academic Press, 2014.
- WITTEMBERG, Leonardo Weizenmann. **Estudo de caso sobre fundação de torre eólica do complexo eólico pontal e principais partes da infraestrutura civil**. 2021.
- SILVA, Jose Alderir. Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios. **Princípios**, v. 42, n. 167, p. 179-202, 2023.