

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA

Karin Cristina Conte

**Perspectivas e desafios do desenvolvimento da energia eólica *offshore* no
Brasil**

Araranguá
2022

Karin Cristina Conte

**Perspectivas e desafios do desenvolvimento da energia eólica *offshore* no
Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de Energia do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Orientador: Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.

Araranguá

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Conte, Karin Cristina

Perspectivas e desafios do desenvolvimento da energia
eólica offshore no Brasil / Karin Cristina Conte ;
orientador, Giuliano Arns Rampinelli , 2022.
29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. 2. Energia Eólica. 3. Eólica
Offshore. 4. Brasil. I. Arns Rampinelli , Giuliano. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Energia. III. Título.

Karin Cristina Conte

Karin Cristina Conte

**Perspectivas e desafios do desenvolvimento da energia eólica *offshore* no
Brasil**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia,
foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes
membros:

Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr. (Orientador)

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Carla de Abreu D'Aquino, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Kátia Cilene Rodrigues Madruga Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado
adequado para
obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Prof.(a) Dra. Kátia Cilene Rodrigues Madruga
Coordenação do Curso

Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.

Orientador

Karin Cristina Conte

Autora

Araranguá, 19 de dezembro de 2022.

PERSPECTIVAS E DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL

PROSPECTS AND CHALLENGES FOR OFFSHORE WIND ENERGY DEVELOPMENT IN BRAZIL

Karin Cristina Conte*

RESUMO

O presente artigo científico tem como objetivo identificar os aspectos que se relacionam à eólica *offshore*, compreendendo suas características, aspectos históricos, perspectivas e desafios diante das ofertas públicas e do fomento por parte do Governo Federal. A metodologia utilizada foi a revisão de literatura e documental, em livros, artigos científicos e na legislação referente ao tema. Foram discutidos aspectos quali-quantitativos a respeito da eólica *offshore* no Brasil e no exterior, considerando as características dos parques eólicos e as iniciativas até então realizadas no sentido de efetivar os projetos existentes, diante do elevado potencial identificado no Brasil. Foi destacada a importância do Decreto 10.946/2022, que abrange a cessão de uso e as diretrizes inerentes à exploração da eólica *offshore* no Brasil. Consta-se que essa geração é adequada aos preceitos ambientais, sendo evidenciada a maior capacidade nominal como uma das vantagens resultantes da utilização da tecnologia *offshore*.

Palavras-chave: Energia Eólica. Brasil. *Offshore*.

ABSTRACT

This scientific article aims to identify the aspects related to *offshore* wind, understanding its characteristics, historical aspects, perspectives, and challenges in the face of public offers and development by the Federal Government. The methodology used was the literature and documental review, books, scientific articles, and legislation related to the subject. Quali-quantitative aspects regarding *offshore* wind power in Brazil and abroad were discussed, considering the characteristics of wind farms and the initiatives carried out so far to implement existing projects, given the high potential identified in Brazil. The importance of Decree 10,946/2022 was highlighted, which covers the assignment of use and the guidelines inherent to the exploration of *offshore* wind in Brazil, being concluded that this type of power generation is adequate to the environmental precepts, being evidenced the greater nominal capacity as one of the advantages of the use of *offshore* technology.

Keywords: Wind Energy. Brazil. *Offshore*.

1 INTRODUÇÃO

O mundo vive hoje o que pode ser chamado de emergência climática, e a transição energética antes considerada alternativa, agora se tornou necessidade. A urgência em se ter uma matriz energética mais limpa já não é mais novidade há um bom tempo. *A priori*, cumpre explicitar alguns conceitos inerentes à transição energética, evidenciada diante da passagem de um modelo eminentemente pautado pelo uso de combustíveis fósseis para um padrão com fundamento na sustentabilidade e no uso racional dos recursos naturais. Nesse contexto, a descarbonização, que consiste na redução de emissões de carbono na atmosfera, é um elemento de essencial consideração. A descarbonização tem como finalidade atingir uma economia global, por meio da citada redução de emissões, favorecendo a obtenção da neutralidade climática obtida pela transição energética³.

A discussão a respeito da emergência climática passa pelas demandas relacionadas à redução da emissão de gases do efeito estufa, considerando a questão climática, tendo como uma das referências para atingir objetivos de redução de emissões, o Acordo de Paris. Esse tratado mundial determinou principalmente, que o aumento da temperatura mundial deve ser limitado a 1,5° C, visando frear o aquecimento global, que aliado ao crescimento demográfico pode, e já está sendo catastrófico para as futuras gerações¹. O referido acordo tem como pauta o debate e a tomada de decisões acerca das questões ambientais de interesse mundial, considerando aspectos como as desigualdades globais no que se refere à abordagem de tais questões, bem como a imprescindibilidade de efetiva redução dos gases de efeito estufa².

Verifica-se que o cumprimento dos objetivos traçados pelo Acordo de Paris passa pelo estabelecimento de acordos também entre as nações, com o fito de incentivarem a pesquisa e o compartilhamento dos resultados obtidos, em favor do bem comum. As políticas domésticas, nesse caso, passam a ter a possibilidade de um alcance global³.

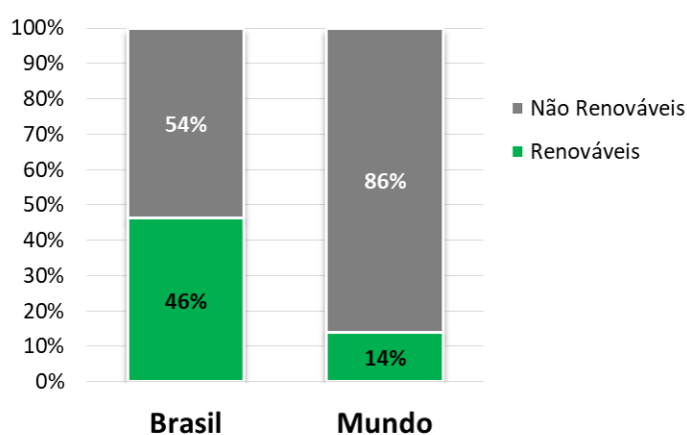
¹ Acordo_paris.pdf (www.gov.br)

² OLIVEIRA, A. S. A Liderança dos Países Desenvolvidos no Acordo de Paris: reflexões sobre a estratégia do Naming and Shaming dentro do Balanço-Global. Sequência (Florianópolis), v. 81, Jan-Abr 2019.

³ FERREIRA, T. V. B.; MACHADO, G. V. O papel do planejamento na transição energética: mais luz e menos calor. Revista Brasileira de Energia, v. 27, n. 2, 2º Trimestre de 2021 - Edição Especial I.

O Brasil não fica alheio à essa transição e cumprimento de meta e se comprometeu a reduzir as emissões de carbono em 37% abaixo dos níveis de 2005 no ano de 2025. Para 2030, a meta é de redução de 43% abaixo dos níveis de 2005. Esse comprometimento acontece mesmo que o país seja um local que se destaca pelo uso de energias renováveis quando comparado ao resto do mundo, como pode ser observado na Figura 1, onde o Brasil está quase três vezes acima da média global em relação ao uso de energias renováveis para a geração de energia elétrica⁴.

Figura 1 – Comparação entre o uso de energias renováveis no Brasil e no mundo



Fonte: EPE⁵

Uma das características da produção de energia no Brasil é o fato de que esta ocorre predominantemente por meio das hidrelétricas. Ainda que sejam desenvolvidas estratégias e meios diferenciados de produção de energia, no Brasil a matriz energética ainda é dominada pela energia hidráulica⁶.

Fica evidente, então, que a redução de combustíveis fósseis implica no aumento do consumo de energia renovável, o que sugere a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias. O uso de energias renováveis vem sendo pesquisado e estabelecido em todo o mundo, com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, a energia eólica vem gradativamente conquistando espaço no cenário energético brasileiro, se destacando dentre as alternativas viáveis

⁴ MATRIZ ENERGÉTICA (epe.gov.br)

⁵ Energia Elétrica Fontes (epe.gov.br)

⁶ LAMARCA JUNIOR, M. R. Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade. 2012. 180 p. Tese (Doutorado) – Ciências sociais, Universidade Católica, São Paulo, 2012.

econômica e ambientalmente, passíveis de contribuir para a sustentabilidade ambiental e ao mesmo tempo proverem a demanda crescente por produção de energia. Verifica-se o desenvolvimento de pesquisas e iniciativas relevante à promoção de mudanças efetivas, como a energia eólica *offshore*, obtida por meio da força do vento em meio aquático, principalmente em alto mar, o que traz como importantes características a redução no impacto acústico e visual, a constância da produção diante da inexistência de obstáculos e o elevado potencial de geração de energia.

A energia eólica trata-se da energia cinética contida nas massas de ar em movimento. A captação é realizada por meio da conversão de energia cinética em energia mecânica, que atua sobre os aerogeradores e resulta na produção da energia elétrica⁷. De modo resumido, a energia eólica é a energia cinética adquirida pelo vento devido às diferenças de distribuição de energia solar na atmosfera, gerando gradientes de energia e pressão⁸.

A energia eólica representa uma energia renovável abundante e com um elevado potencial para geração em larga escala. Esta energia pode ser interligada à rede elétrica ou utilizada como um sistema isolado. Os autores afirmam também que a mesma pode ser utilizada em sistemas híbridos, por exemplo, associadas a sistemas variados como os módulos fotovoltaicos e geradores a diesel⁹.

Estudo do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) indica que o potencial de geração de eólica da costa brasileira é mais de dez vezes superior ao que identificado em terra. Além disso, informa também que poderiam ser instalados 3,5 mil GW de potência eólica *offshore* do Brasil, no caso de aproveitamento de toda a zona econômica exclusiva do país. Considerando apenas as áreas com até 100 m de profundidade, o potencial de geração chega a 636 GW, que é o quádruplo da capacidade instalada brasileira instalada até 2013¹⁰. Na Figura 2 pode ser observado o mapa da estimativa de velocidade de vento da costa brasileira, considerando toda a Zona Econômica Exclusiva brasileira, com dados horários a 100 m de altura e com

⁷ DOMINGUES, C. A. Energia Sustentável- Nova Geração de Energia Elétrica. 2010. 41 p. Monografia – Especialista em Gestão Ambiental, Universidade Cândido Mestre, Niterói, São Paulo, 2010.

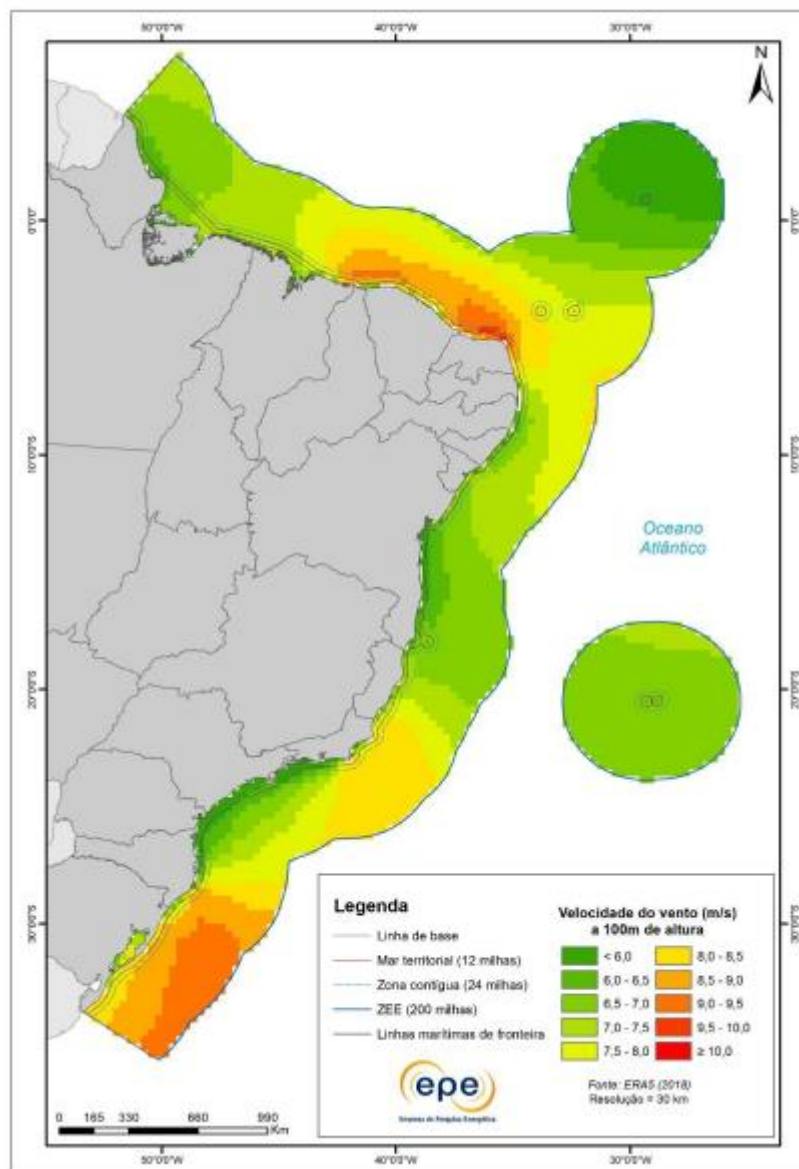
⁸ LAMARCA JUNIOR, M. R. Op. cit.

⁹ PICOLO, Ana Paula; RUHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 36, n. 4, p. 01-13, dez. 2014.

¹⁰ PINTO, Milton de Oliveira. Fundamentos de energia eólica. Rio de Janeiro: LTC, 2013

referência no período entre 2000 e 2017. Nele observam-se velocidades consideráveis, principalmente na costa nordestina e do extremo sul do mapa¹¹.

Figura 2 – Mapa da estimativa da velocidade do vento



Fonte: EPE¹¹

A evolução da inserção de energia eólica pode ser observada, entre outros pontos, a partir da celeridade com que ocorrem novas mudanças. Por exemplo, as turbinas de potência abaixo de 150 kW exerceram um importante papel no

¹¹ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

desenvolvimento do mercado eólico até cerca de 1993, abrindo então espaço para a classe 600 kW, que a partir do final da década de 1990 foi substituída pela classe Megawatt. Desse modo, verifica-se ciclo de sete a dez anos entre a introdução de uma nova classe de potência no mercado, bem como sua estabilização como produto, indicada pela ascensão e pela dominância nas estatísticas de novas instalações, e, em seguida, seu declínio, em paralelo à introdução comercial de uma classe mais potente. Considerando países líderes do mercado europeu, a potência média nominal dos aerogeradores onshore instaladas em 2017, concentra-se entre 2 e 3,5 MW. A turbinas *offshore* mais utilizadas apresentam potência de 5 MW¹².

A energia eólica *offshore* difere de outras tecnologias de energia renovável marinha, considerando que ela, de modo contrário à energia das ondas e das marés, não aproveita a energia do mar. O ambiente marinho é o local escolhido para instalar as turbinas eólicas que geram energia a partir do recurso eólico na atmosfera. Além disso, a energia eólica já se encontra estabelecida como uma tecnologia de energia renovável extremamente viável, com milhares de turbinas eólicas já construídas em vários países¹³. Iniciativas como a energia eólica *offshore* integram o contexto da transição energética, amplamente discutida e considerada como uma questão emergencial.

Nesse contexto, ressalta-se a importância do Proinfa (Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia), que tem como finalidade o fomento à pesquisa e implantação de fontes alternativas. Para o cumprimento dos objetivos do Programa, busca-se a contratação de projetos em energia eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas conectadas à rede, que sejam implementados por Produtores Independentes de Energia controlados, sendo eles controlados ou não por concessionárias de energia.

O valor de custeio dos empreendimentos tem sua divisão realizada em cotas mensais, que são recolhidas por distribuidoras, transmissoras e cooperativas permissionárias. O fundamento para o cálculo das cotas é o Plano Anual do Proinfa, cuja elaboração foi feita pela Eletrobras, para utilização pela ANEEL. Tais valores são

¹² PINTO, Milton de Oliveira. Energia eólica: princípios e operação. São Paulo: Érica, 2019.

¹³ WOLF, J. et al. *Offshore wind energy*. In: LETCHER, T. *Comprehensive Renewable Energy*. Amsterdã: Elsevier, 2022.

suportados pelos consumidores livres e regulados do Sistema Interligado Nacional, à exceção daqueles que são classificados como baixa renda¹⁴.

A primeira chamada pública do Proinfa foi realizada em 2004, com a contratação de 2.527 MW das três fontes, sendo 1.100 MW de eólica, 1.100 MW de PCHs e 327 MW de biomassa. Destaca-se, no entanto, que a participação da energia eólica nesta primeira fase superou a expectativa dos 1100 GW da cota a ela reservada¹⁵.

No presente trabalho buscou-se, por meio da revisão bibliográfica e documental, identificar os aspectos que se relacionam à eólica *offshore*, compreendendo suas características, aspectos históricos, perspectivas e desafios diante das ofertas públicas e do fomento por parte do Governo Federal.

2 ENERGIA EÓLICA OFFSHORE

2.1 Caracterização

Os componentes de um parque eólico *offshore* são os aerogeradores *offshore*; a rede coletora interna, a subestação marítima, a transmissão para a terra e a subestação terrestre. O que difere os aerogeradores *offshore* dos onshore são suas potências nominais e as dimensões físicas. A utilização *offshore* requer dimensões maiores que aquelas dos aerogeradores onshore¹⁶.

Mesmo que os projetos eólicos *offshore* contem com uma tecnologia semelhante à utilizada nos projetos onshore, as instalações *offshore* apresentam vantagens, como a exploração de velocidades de vento maiores e mais constantes, além das menores limitações na área e distância do solo. Essas características resultam em projetos e turbinas eólicas geralmente maiores, conforme citado, bem como indicadores de desempenho melhores nesses parques. Entre os aspectos que indicam as diferenças nessas turbinas estão também as pás, que são mais longas e possibilitam uma maior área de varredura. Tal condição resulta em maiores

¹⁴ CEE. Proinfa. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/proinfa#&gid=1&pid=1>. Acesso em 27 nov. 2022.

¹⁵ DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A Energia Eólica no Brasil: Proinfa e o Novo Modelo do Setor Elétrico. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/CBE_XI-Artigo2.pdf. Acesso em 28 nov. 2022.

¹⁶ OLIVEIRA, L. C. Algumas sugestões para aceleração do aproveitamento do potencial eolioelétrico *offshore* do Brasil. Universidade Federal Fluminense. 2022.

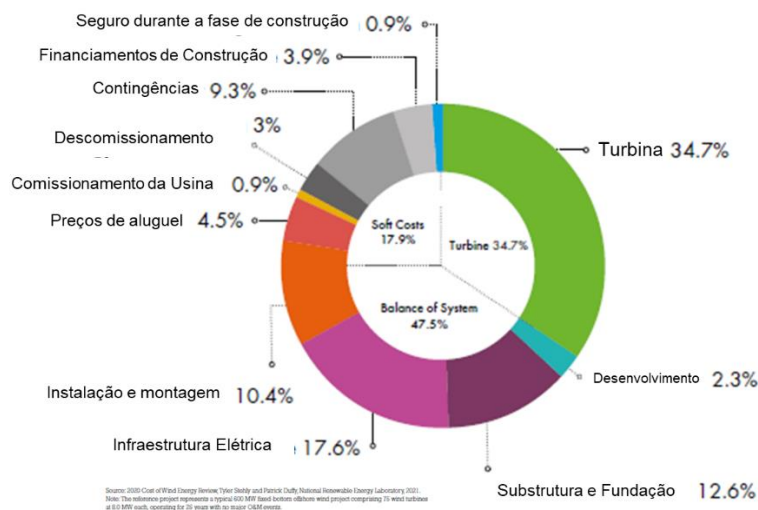
capacidades nominais, sendo necessário, no entanto, que estas estruturas sejam projetadas com a proteção contra corrosão¹⁷.

Um aspecto técnico relevante acerca da energia *offshore* refere-se ao seu modo de transmissão, que representa uma variável de essencial consideração na análise acerca da viabilidade da implantação desses parques. Os parques eólicos *offshore* situados a até 10 km da costa têm como característica o fato de apresentarem custos de transmissão relativamente mais baixos, viabilizando a exploração de menores potenciais. A viabilidade de parques mais distantes da costa depende, diante dessa observação, de seu potencial, que deve ser suficiente para compensar os custos inerentes à logística de transmissão¹⁸.

Considerando a comparação quanto aos custos relacionados às plataformas onshore e *offshore*, observa-se que o percentual inerente a cada componente do Capex é bem parecido em todas as áreas que utilizaram estruturas fixas, bem como em todas as áreas que utilizaram estruturas flutuantes. A distribuição do Capex para os projetos de geração eólica *offshore* pode ser observada na Figura 3:

Figura 3 - Capex para os projetos de geração eólica *offshore*

CAPEX PARA UM PROJETO DE EÓLICAS OFFSHORE (FUNDAÇÃO FIXA) - 2020



¹⁷ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

¹⁸ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

Fonte: Abeeólica¹⁹

Nesse sentido, uma comparação realizada por Müller²⁰ levou à constatação de que a energia eólica *offshore* ainda apresenta um custo mais elevado que a *onshore*.

As variações de custos da *offshore* situaram-se entre 400 e 600 R\$/MWh, enquanto nas *onshore*, o custo nivelado no Brasil apresentou variações entre 93 e 174 MWh. A tendência, no entanto, é pela redução dos custos nas próximas décadas. Uma variável a ser considerada para a criação dessa perspectiva de redução é a produção de aerogeradores no Brasil.

A partir da observação das instalações realizadas no exterior, verifica-se que os potenciais de maior proximidade com relação à costa são explorados primeiro, sendo que na medida em que os melhores pontos são explorados, ocorre um aumento gradativo das distâncias dos parques em relação à costa. Destaca-se, inclusive, que a potência elétrica total e a distância em relação à costa representam as variáveis principais para a determinação da tecnologia de conexão à rede de transmissão²¹.

Considerando a produção de energia eólica *onshore* no Brasil, que ainda não conta com a modalidade *offshore*, os números indicam sua relevância, observando uma capacidade instalada de 23,34 GW, em 850 parques eólicos. São 9.598 aerogeradores em operação em doze estados. O potencial atualmente instalado pode abastecer o equivalente a 36,2 milhões de residências, beneficiando 108,7 milhões de pessoas. Outro aspecto a ser considerado refere-se ao crescimento apresentado entre os anos de 2020 e 2021, com o aumento de 27% na geração de energia eólica²².

2.2 Cenário Global – histórico e perspectivas

¹⁹ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

²⁰ MÜLLER, M. N. Análise de tecnologias e custos para inserção da energia eólica *offshore* na costa brasileira. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, nov. 2019, Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/Dissertação_Matheus_do_Nascimento_Müller.pdf. Acesso em 08 dez. 2022.

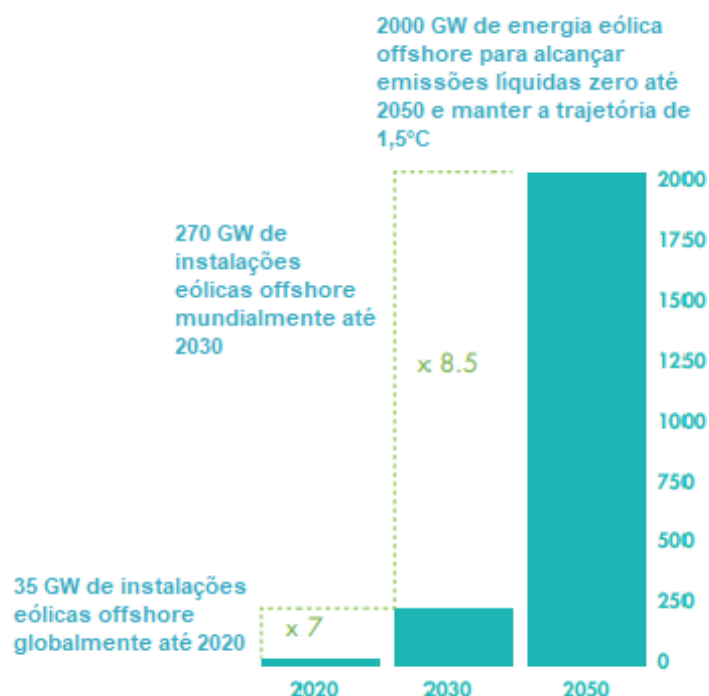
²¹ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

²² ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

Abordando os aspectos históricos relacionados à eólica *offshore*, a primeira instalação ocorreu na Dinamarca, em 1991, com 11 turbinas de 450 kW de capacidade nominal, com rotor de 35 m de diâmetro e totalizando 4,95 MW de potência nominal instalada. A criação desse parque teve como finalidade fomentar a utilização de energia eólica no país diante da carência de outros recursos. O parque foi descomissionado no ano de 2017. Diante do êxito proporcionado pela experiência realizadas na Dinamarca, outros países passaram a desenvolver projetos de eólica *offshore*, considerando inclusive os locais onde a onshore encontrava-se saturada²³.

Para atender às determinações da União Europeia quanto à posse de 20% da matriz energética formada por energias renováveis até 2020, foi necessário o desenvolvimento de metas vinculantes e específicas para cada país. As políticas públicas tiveram como objetivo a minimização de custos dos projetos e redução dos impactos sobre o contribuinte²⁴. A partir do cumprimento das metas elaboradas para a geração de eólica *offshore*, a projeção quanto à produção e à redução de emissões de gases do efeito estufa, podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 – Projeções para 2020, 2030 e 2050



Fonte: EPE¹⁰

²³ OLIVEIRA, L. C. Algumas sugestões para aceleração do aproveitamento do potencial eólicoelétrico *offshore* do Brasil. Universidade Federal Fluminense. 2022.

²⁴ EPE. Op. cit.

O cenário global a respeito da geração e distribuição da eólica *offshore* pode ser considerado a partir da situação gerada pelo conflito entre Rússia e Ucrânia, que resultou na turbulência dos mercados globais de energia, alimentando pressões inflacionárias e desacelerando o crescimento econômico. Ainda que as tensões nos mercados não tenham sua origem na invasão russa à Ucrânia, elas foram aumentadas a partir desse conflito, fazendo com se evidenciasse a volatilidade e os picos acentuados nos preços da energia, principalmente do gás natural, nos mercados europeus. Diante da ameaça de mais interrupções no fornecimento, ocorre a resistência do crescimento das fontes renováveis²⁵.

Novas políticas nos principais mercados de energia ajudam a impulsionar o investimento anual em energia limpa para mais de US\$ 2 trilhões até 2030, representando um aumento de mais de 50% em relação ao que é investido na atualidade. A Energia limpa é uma oportunidade de crescimento e empregos, e um espaço para competição econômica. Até 2030, graças em grande parte à Lei de Redução da Inflação dos EUA, adições de capacidade solar e eólica nos Estados Unidos apresentam projeções de crescimento de duas vezes e meia, considerando os níveis atuais²⁶.

A evolução desse mercado faz também com que a fabricação de aerogeradores tanto onshore quanto *offshore* conte com diversos fabricantes, sendo que esse mercado tem apresentado um histórico de fusões e de aquisições. Alguns exemplos são a GE e Alstom, cujo processo de fusão foi concluído no final de 2015, resultando na GE Renewables. A Gamesa realizou a aquisição da participação do grupo francês AREVA na Adwen; a Siemens e Gamesa: realizaram sua fusão em 2017, resultando na empresa Siemens Gamesa Renewable Energy. Já a Seawind começou a construir aerogeradores *offshore* em parceria com a Siemens, bem como alguns projetos próprios²⁷.

Entre os desafios que se relacionam à efetivação do modelo de produção de energia eólica *offshore* situa-se a dificuldade na definição de uma cadeia de

²⁵ IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2022.

²⁶ IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2022.

²⁷ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

suprimentos global. A forma como se organiza a cadeia de suprimentos no mercado europeu de energia eólica *offshore* apresenta preços competitivos, resultantes de um sistema que demandou muito tempo, esforço e investimentos. A perspectiva positiva com relação à implementação de estruturas de produção em locais cada vez mais distantes da costa, representados por águas mais profundas e em ambientes mais agressivos, bem como o emprego de tamanhos maiores de turbinas, passa a apresentar novos desafios no que diz respeito às atividades de construção de manutenção dos parques eólicos *offshore*²⁸.

Mundialmente, as fontes de baixa emissão já respondem por cerca de 40% da geração de eletricidade, com 30% provenientes de fontes renováveis e outros 10% de energia nuclear. A implantação de energia solar fotovoltaica e eólica vem aumentando, estabelecendo novos recordes todos os anos até 2030. No prazo de dez anos, se os países estiverem tomando as medidas necessárias para cumprir suas promessas climáticas, o mundo implantará cerca de 210 gigawatts (GW) de capacidade eólica por ano. A União Europeia possui a tendência a ter o sistema elétrico predominantemente formado pela eólica *offshore* e onshore²⁹.

3 ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL

3.1 HISTÓRICOS E ATUALIDADES

A abordagem a respeito da geração e transmissão eólica *offshore* no Brasil, bem como em outros países, passa pela consideração a respeito do potencial intrínseco a esse tipo de produção, mas inclusive pela necessidade de proteção ao meio ambiente.

Observa-se que os temas que se referem ao meio ambiente, em sua maioria, possuem pontos coincidentes com os aspectos inerentes à geração e utilização dos diversos tipos de energia. Essas questões incluem a abordagem a respeito do clima, que é um dos fundamentos para as intervenções a respeito da governança ambiental.

²⁸ EPE. Op. cit.

²⁹ IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2022.

Conforme Viola e Franchini³⁰, o capital natural do Brasil faz com que o país seja um protagonista quanto à manutenção da estabilidade terrestre.

Principalmente considerando os anos 1970, o desenvolvimento de uma consciência ambiental, diante das situações adversas apresentadas no país, com o desequilíbrio ambiental já se fazendo presente, passando pelo processo de redemocratização e o aumento da preocupação com a preservação das florestas, fez com ocorressem importantes iniciativas, anos depois³¹.

Um exemplo nesse contexto foi a Rio-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, bem como o aumento da influência da pauta ambiental no governo a partir de 2009, depois de um período caracterizado pela omissão no cuidado com o meio ambiente, principalmente considerando o desmatamento da floresta Amazônica. Observa-se que os anos de 2009 e de 2010, o Brasil atingiu o mais alto nível de compromisso climático de sua história. Como referência da participação e adesão do Brasil aos acordos internacionais, um exemplo refere-se à Conferência de Copenhague, na qual o país assumiu o compromisso voluntário de redução das emissões em 36% a 39% em relação ao cenário inercial para 2020³². A atenção aos preceitos disseminados internacionalmente quanto ao clima envolve de modo direto, a pesquisa e o desenvolvimento de energia limpa, com a redução drástica dos níveis de poluição e emissão de gases de efeito estufa. Ainda que no Brasil a matriz energética seja bastante diversificada, inclusive com a maior participação das hidrelétricas, como já foi citado, o que se verifica é a necessidade de contínua pesquisa e expansão de fontes alternativas.

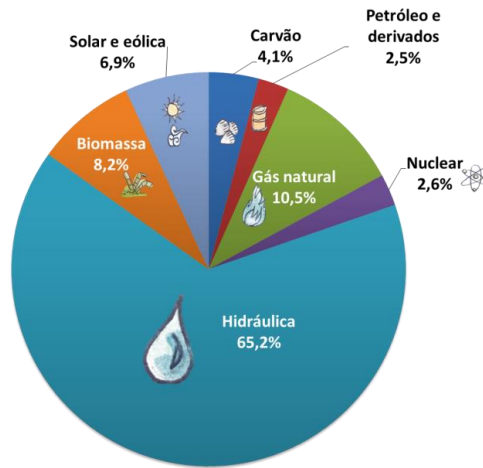
Considerando a elevada demanda por energia no Brasil, pode-se considerar a importância das fontes renováveis, passíveis de promoverem a manutenção da autossuficiência na produção, inclusive minimizando os riscos de desabastecimento e contribuindo para a atenção às metas relacionadas ao meio ambiente. No Brasil, diante das características edafoclimáticas existentes, observa-se o predomínio da energia obtida por meio das hidrelétricas, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Estratificação da geração de energia no ano de 2019

³⁰ VIOLA, E.; FRANCHINI, M. A. Governança ambiental: da destruição das florestas até os objetivos de descarbonização. Revista USP, São Paulo, n. 134, p. 143-162, jul./ago./set., 2022.

³¹ VIOLA, E.; FRANCHINI, M. A. Op. cit.

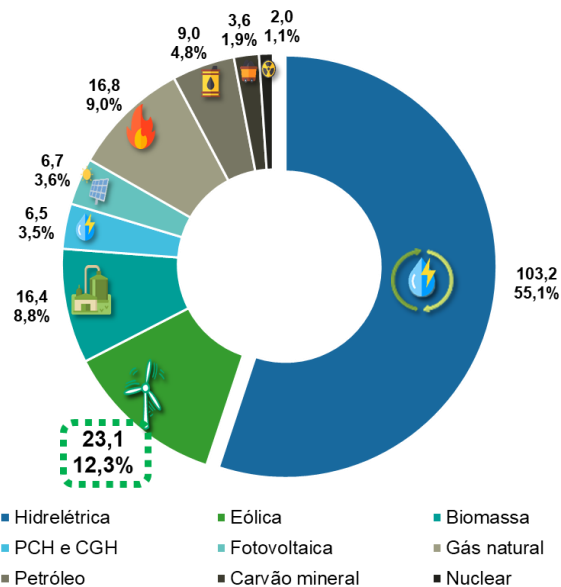
³² VIOLA, E.; FRANCHINI, M. A. Governança ambiental: da destruição das florestas até os objetivos de descarbonização. Revista USP, São Paulo, n. 134, p. 143-162, jul./ago./set., 2022.



Fonte: EPE³³

Quanto ao potencial de cada uma das fontes, este pode ser observado na Figura 6, na qual é possível identificar o elevado potencial relacionado à energia eólica.

Figura 6 – Matriz Energética Brasileira – Potencial de geração em GW – 2022



Fonte: Abeeólica³⁴

Observa-se que o potencial inerente à energia eólica, de 12,3%, pode ser considerado como significativo, sendo passível de expansão a partir da exploração do

³³ EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica. 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 03 dez. 2022.

³⁴ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

potencial *offshore*. Ainda que possa ser observada a prevalência da energia hidráulica, importa compreender a diversidade das fontes utilizadas no Brasil e a necessidade de que as outras fontes limpas, como a energia solar e a energia eólica, sejam mais difundidas. Passado o período de grandes avanços, os retrocessos na política ambiental conduziram o país novamente a proporcionar uma percepção negativa quanto a esses aspectos, se considerado o cenário internacional.

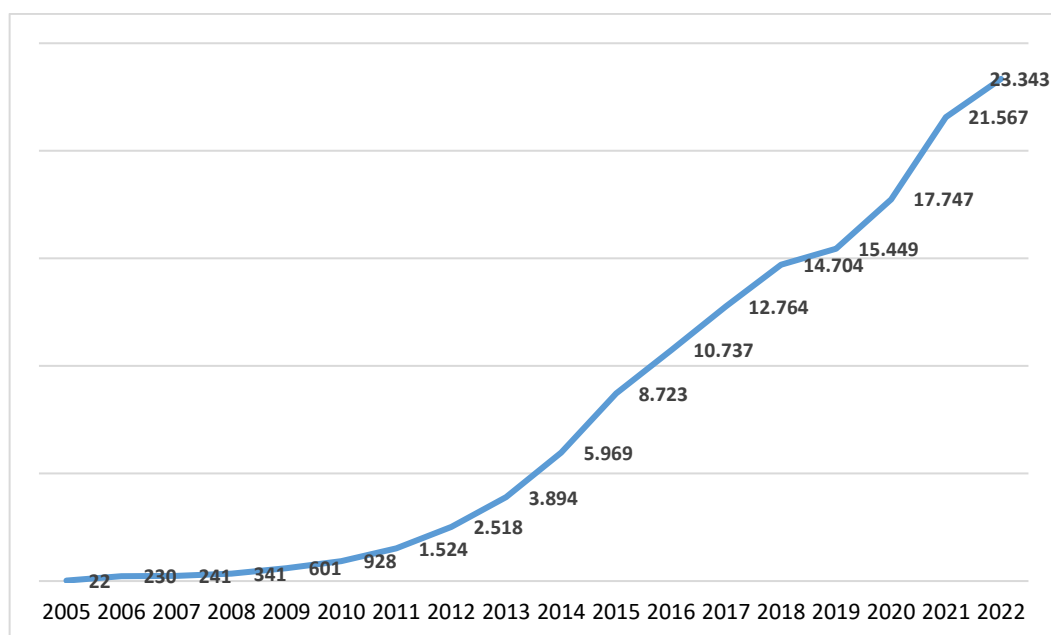
Faz-se necessária a busca pela retomada do desenvolvimento de ações efetivas nesse sentido, mormente no campo da geração de energia. Tem-se que, no que se refere à energia, o Brasil possui menores obstáculos que os demais países quanto à transição energética, considerando a matriz de intensidade de carbono e a elevada diversidade de fontes. Todavia, existe a necessidade de incorporação da energia solar, que apresenta um elevado potencial no Brasil, bem como fazer com que permaneça o ritmo de incorporação da energia eólica³⁵.

No Brasil, os primeiros estudos sobre o potencial eólico *offshore* foram realizados em 2020 no contexto do Plano Nacional de Energia 2050, sendo identificada uma estimativa de potencial de 1.780 GW para a Zona Econômica Exclusiva. A continuidade das análises mostrou que seriam necessárias atualizações nas estimativas inicialmente realizadas, diante das alterações dimensionais dos novos aerogeradores *offshore* e da existência de novas bases de dados disponíveis³⁶. Uma contribuição efetiva ao desenvolvimento da geração de energia eólica no Brasil foi o já citado Proinfa, em 2004, sendo que a partir de sua criação, o que se verifica é o crescimento significativo desse mercado. Essa evolução pode ser observada no Gráfico 1.

³⁵ VIOLA, E.; FRANCHINI, M. A. Op. cit.

³⁶ EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

Gráfico 1 – Evolução da capacidade instalada – 2005-2022



Fonte: Adaptado de Abeeólica³⁷

A principal referência legal a respeito da possibilidade de desenvolvimento do potencial eólico *offshore* no Brasil foi o Decreto nº 10.946, publicado em janeiro de 2022, relacionado à cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais no mar para a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos *offshore*. O decreto ainda se encontra em regulamentação, bem como o Projeto de Lei nº 576/2021, ainda em tramitação³⁸.

Quanto ao Projeto de Lei nº 576/2021, esse tem o fito de disciplinar a exploração e desenvolvimento da geração de energia a partir de fontes de instalação *offshore*, sendo estas as instalações localizadas em área do Mar Territorial, da Plataforma Continental, da Zona Econômica Exclusiva ou de outros corpos de água sob domínio da União³⁹.

Na justificativa do Projeto de Lei, se destaca a importância do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), considerado como o primeiro passo para o desenvolvimento dessas novas fontes de geração de energia

³⁷ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

³⁸ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 09/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/09/2022_09_InfoVento-Offshore-01_site.pdf. Acesso em 01 dez. 2022.

³⁹ BRASIL. Projeto de Lei nº 576, de 2021. Senado Federal. 2022. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793>. Acesso em 01 dez. 2022.

elétrica renovável, evidenciando que o programa mas não se restringiu à energia eólica, envolvendo também as Pequenas Centrais Hidrelétricas e biomassa, sendo de relevância, inclusive, para a determinação dos preços mínimos de compra de energia elétrica⁴⁰.

Entre outras determinações, o Decreto nº 10.946, em seu capítulo V, artigo 23, indica que, conforme entendimento do Ministério de Minas e Energia, poderão ser realizados leilões específicos para a contratação de energia elétrica *offshore* quando indicado pelo planejamento setorial, por meio de estudos de planejamento desenvolvidos pela EPE ou do Plano Decenal de Expansão de Energia, mediante critérios de focalização e de eficiência⁴¹.

Verifica-se que os leilões representam o meio para que seja realizada a contratação de energia no Brasil. A partir da realização dos leilões, o sistema elétrico proporciona o atendimento ao mercado, sendo que esses mecanismos legais apresentam entre suas características o fato de que utilizam, a partir da análise das condições e prioridades definidas pelos editais de cada modalidade e de cada leilão específico, o critério de menor tarifa para a definição dos vencedores das licenças, fundamentando-se na procura pela maior eficiência na contratação de energia⁴².

Observa-se que as regiões Nordeste e Sul são as áreas com maior potencial eólico aproveitável, o que se repete nas velocidades de vento *offshore*, e o Proinfa teve um papel fundamental para a viabilização do setor eólico no mercado de energia do país, juntamente com outras desonerações, que culminaram no primeiro leilão de energia eólica, no final de 2009, que foi muito bem-sucedido. A capacidade a ser contratada pelo Proinfa foi limitada inicialmente em 3300 MW (1100 MW para cada fonte alternativa) com garantia de contratação por 20 anos pela Eletrobras, sendo oferecida uma remuneração fixa pela energia renovável gerada, considerando uma

⁴⁰ BRASIL. Projeto de Lei nº 576. Senado Federal. 2021. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8930696&ts=1662992586450&disposition=inline>. Acesso em 01 dez. 2022.

⁴¹ BRASIL. Decreto nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10946.htm#:~:text=D10946&text=Dispõe%20sobre%20a%20cessão%20de,a%20partir%20de%20empreendimento%20offshore. Acesso em 02 dez. 2022.

⁴² MESQUITA, J. C. M. Estudo sobre a transição energética na matriz elétrica brasileira. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

taxa de juros de 6,6%⁴³. Afirma-se que foi a partir do Proinfa que se desenvolveu no país uma indústria nacional de aerogeradores com capacidade de produção próxima a 750 MW por ano e com um bom índice de nacionalização⁴⁴.

3.2 PERSPECTIVAS

Entre as perspectivas que se relacionam ao mercado de eólica *offshore* no Brasil consta a produção de hidrogênio verde, passível de ser isolado e empregado como combustível. Essa fabricação envolve processos que não agridem o meio ambiente, sendo que o resultado do processo se limita à produção de água. O vento de qualidade encontrado no Brasil favorece a produção de energia eólica onshore e *offshore*, resultando em maiores possibilidades para produção de hidrogênio verde. A partir de 2023 a primeira fábrica brasileira de hidrogênio verde entrará em operação comercial⁴⁵. Na Figura 7 podem ser observados os projetos de implantação da energia eólica *offshore* registrados no IBAMA:

Figura 7 – Projetos de eólica *offshore*



⁴³ SANTOS, M. A. S. Fontes de Energia Nova e Renovável. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

⁴⁴ SANTOS, M. A. S. Op. cit.

⁴⁵ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/09/2022_09_InfoVento-Offshore-01_site.pdf. Acesso em 01 dez. 2022.

Fonte: Abeeólica⁴⁶

Em setembro de 2022 se encontravam em tramitação no Ibama mais de sessenta projetos, representando mais de 160 GW de energia elétrica *offshore* sendo analisados, para exploração na costa brasileira. Ressalta-se, nesse contexto, a importância social desses projetos, diante da geração de dezessete postos de trabalho para cada MW de eólica *offshore*, além da própria geração de energia limpa e abundante⁴⁷.

A importância dada à eólica *offshore* pelo Governo Brasileiro pode ser observada a partir da do apoio financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), concedendo empréstimos de baixo custo denominados localmente para projetos de energia renovável, a uma época em que as taxas de juros baseadas no mercado eram relativamente altas. Com o amadurecimento do setor, o mercado de títulos também subiu e o papel da instituição mudou de financiamento direto para o fomento ao investimento⁴⁸.

O que se verifica é que a energia eólica pode proporcionar muitas vantagens a partir de sua utilização, considerando o fato de tratar-se de uma fonte limpa e abundante. A disponibilidade desse tipo de energia no Brasil foi essencial, por exemplo, durante a crise hídrica. Em julho de 2021, a energia eólica promoveu o abastecimento de toda a Região Nordeste durante um dia inteiro, pela primeira vez. O registro foi indicado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico, com geração média diária de 11.399 MW médios, representando 102% da demanda na Região⁴⁹.

Conforme o Guia do Investidor em Energia Eólica *Offshore*⁵⁰, o desenvolvimento da indústria eólica *offshore* representa uma excelente oportunidade de negócios, considerando o imenso potencial dos recursos naturais, a cadeia de suprimentos já instalada em setores tais como o de petróleo & gás *offshore*, naval

⁴⁶ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

⁴⁷ ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/09/2022_09_InfoVento-Offshore-01_site.pdf. Acesso em 01 dez. 2022.

⁴⁸ IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2022.

⁴⁹ ABEMA. Energia Eólica. Associação Brasileira das Entidades Estaduais do Meio Ambiente. 2021. Disponível em: https://www.abema.org.br/images/abema_revista_n4_web_v6.pdf. Acesso em 04 dez. 2022.

⁵⁰ ADAM SMITH INTERNATIONAL. Brazil Energy Programme *Offshore* Wind Investment Guide. jun. 2021.

offshore, eólica onshore e aeroespacial, a partir da capacidade de parcerias internacionais para pesquisa, desenvolvimento e inovação. Além disso, evidencia-se como oportunidade a qualidade das instituições existentes no país, favorecendo a consolidação do setor por poderem atuar e auxiliar na criação e na execução de projetos e negócios sustentáveis, como no caso de programas de financiamento nos moldes daqueles desenvolvidos pelo BNDES.

A eólica *offshore* é a aposta do Brasil para consolidar a transição energética, citada por Ferreira e Machado⁵¹ como uma mudança que traz oportunidades e desafios. Os autores consideram que o principal desafio do Brasil quanto ao planejamento na transição energética diz respeito à administração racional dos recursos, que são abundantes, considerando os impactos socioeconômicos e ambientais.

3.3 DESAFIOS

Entre os desafios apresentados à elaboração e execução dos projetos de geração eólica *offshore* estão os custos de investimento nessas usinas. Como já citado, estes representam um valor significativamente maior quando comparado com instalações eólicas onshore. Os custos das fundações, de instalação e de transporte das estruturas são os principais fatores, bem como o custo adicional na fabricação dos equipamentos, que carecem de proteção e de configurações específicas para as condições *offshore*, sobretudo no que se refere às ondas e marés⁵².

Quanto aos custos das fundações, uma importante alternativa que vem sendo difundida em todo o mundo para sua superação trata-se da energia eólica *offshore* flutuante. Verifica-se a instalação de parques de grandes dimensões, como Kincardine *Offshore* Floating Wind Farm, que é o maior parque de eólica *offshore* flutuante em operação no mundo. Situado na costa da Escócia, no Mar do Norte, a profundidade

⁵¹ FERREIRA, T. V. B.; MACHADO, G. V. O papel do planejamento na transição energética: mais luz e menos calor. Revista Brasileira de Energia, v. 27, n. 2, 2º Trimestre de 2021 - Edição Especial I.

⁵² EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

local é de 60 a 80 m, e o parque conta com uma turbina de 2 MW e cinco de 9,5 MW, totalizando aproximadamente 50 MW de capacidade nominal instalada⁵³.

Esta é uma tecnologia de rápido desenvolvimento e com potencial de sedimentar liderança global europeia em energias renováveis. De uma tecnologia de nicho, a indústria deu um salto significativo em 2017 quando a Equinor comissionou o primeiro lote dessa tecnologia. Um exemplo é um projeto implantado na França, pela Equinor, chamado Hywind II, compreende cinco turbinas eólicas de 6 MW montadas em uma subestrutura de bóia de mastro. Patentado pela Ideol, o conceito é chamado Damping Pool, que é uma variação de barça⁵⁴. Na Figura 8 pode ser observado um exemplo dessa modalidade de equipamento:

Figura 8- Energia eólica *offshore* flutuante



Fonte: Iberdrola⁵⁵

Considera-se que, de modo geral, a elevação do custo de implantação dos parques *offshore* decorre a partir da necessidade de uso de embarcações e de mão de obra específicas de transporte e instalação dos equipamentos, que são oriundas

⁵³ OLIVEIRA, L. C. Algumas sugestões para aceleração do aproveitamento do potencial eólico do Brasil. Universidade Federal Fluminense. 2022.

⁵⁴ WIND EUROPE. Floating *offshore* wind energy: a policy blueprint for Europe. 2018. Disponível em: <https://windeurope.org/policy/position-papers/floating-offshore-wind-energy-a-policy-blueprint-for-europe/>. Acesso em 02 dez. 2022.

⁵⁵ IBERDROLA. Floating *offshore* wind power: a milestone to boost renewables through Innovation. 2022. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/innovation/floating-offshore-wind>. Acesso em 03 dez. 2022.

de empresas especializadas, com custos muito elevados, se comparados aos parques onshore. Ressaltam-se, inclusive, as incertezas com relação à redução de custos, considerando que é um mercado ainda em desenvolvimento⁵⁶.

Corrêa⁵⁷, afirma que mesmo diante do fato de que a energia eólica *offshore* apresenta custo bem maior do que a onshore, principalmente motivado pelos maiores custos de construção e manutenção das instalações no mar, o custo nivelado de energia médio ponderado mundial dos projetos eólicos *offshore* apresentou rápida queda. Além disso, os resultados de leilões recentes para projetos planejados para serem comissionados em 2023 mostram uma evolução significativa quanto à competitividade, com a redução dos preços por kWh.

Assim, diante da minimização das dificuldades para implantação e do incentivo à utilização cada vez maior da eólica *offshore*, as perspectivas são muito positivas, considerando os impactos ambientais, econômicos e sociais provenientes desse tipo de geração de energia.

4 CONCLUSÃO

No presente trabalho foram discutidos aspectos relacionados à energia eólica *offshore*, compreendendo aspectos conceituais e históricos a respeito desse tipo de geração de energia. Observou-se que a eólica tem sido amplamente difundida em diversos países, diante dos compromissos ambientais apresentados por meio de acordos internacionais. Nesse sentido, verifica-se que o interesse dos países signatários pelo equilíbrio ambiental converge para a redução também dos problemas quanto à produção de energia.

A eólica onshore e *offshore* mostram-se adequadas aos preceitos inerentes à produção de energia com os menores impactos ambientais e considerando de modo específico a modalidade *offshore*, o maior potencial de geração de energia indica uma das vantagens resultantes de sua utilização. Pode-se considerar que entre as referências para o desenvolvimento referente eólica no Brasil e especificamente à eólica *offshore* situa-se o Proinfa, bem como o Decreto nº 10.946, que faz alusão aos

⁵⁶EPE. Op. cit.

⁵⁷ CORRÊA, L. Transição energética, políticas de inovação e desenvolvimento econômico: uma análise das iniciativas em energias eólica e solar fotovoltaica no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

leilões específicos para o a cessão de espaços físicos e o aproveitamento de recursos naturais para a produção de energia elétrica *offshore*.

Com relação aos custos de implantação e transmissão, observou-se as perspectivas positivas no que diz respeito à sua racionalização. Conforme indicado no presente trabalho, mostrou-se significativa, sendo importante o exemplo de que pela primeira vez na história, e durante a crise hídrica de 2021, a demanda de um dia da Região Nordeste foi suprida pela energia eólica.

Ainda que possa ser observado o predomínio absoluto da energia produzida pelas hidrelétricas no Brasil, o que se verifica é a necessidade de desenvolvimento de fontes alternativas, como é o caso da eólica *offshore*. Trata-se de um grande passo no sentido da segurança energética, reduzindo a dependência com relação às hidrelétricas e evitando a utilização de termelétricas movidas a carvão.

A partir do elevado potencial energético existente no Brasil, importa considerar a eólica *offshore* como uma alternativa muito importante, voltada a aportar maior segurança energética ao país e a indicar uma evolução significativa no campo da produção de energia limpa, em consonância com o ideário de sustentabilidade e atendendo às necessidades energéticas existentes.

5 REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 09/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/09/2022_09_InfoVento-Offshore-01_site.pdf. Acesso em 01 dez. 2022.

ABEEÓLICA. Infovento *Offshore*. 11/2022. Associação Brasileira de Energia Eólica e novas tecnologias. 2022. https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2022_11_InfoVento28.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

ABEMA. Energia Eólica. Associação Brasileira das Entidades Estaduais do Meio Ambiente. 2021. Disponível em: https://www.abema.org.br/images/abema_revista_n4_web_v6.pdf. Acesso em 04 dez. 2022.

ADAM SMITH INTERNATIONAL. Brazil Energy Programme *Offshore* Wind Investment Guide. jun. 2021.

BOFF, L. Sustentabilidade: o que é, o que não é. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BRASIL. Decreto nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas

interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10946.htm#:~:text=D10946&text=Dispõe%20sobre%20a%20cessão%20de,a%20partir%20de%20empreendimento%20offshore. Acesso em 02 dez. 2022.

BRASIL. Edital do Leilão de Transmissão 01/2023, com investimento previsto de 16 bilhões, entra em consulta pública. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/edital-do-leilao-de-transmissao-01-2023-com-investimento-previsto-de-16-bilhoes-entra-em-consulta-publica>. Acesso em 01 dez. 2022.

BRASIL. Projeto de Lei nº 576, de 2021. Senado Federal. 2022. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793>. Acesso em 01 dez. 2022.

CEE. Proinfa. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/proinfa#&gid=1&pid=1>. Acesso em 27 nov. 2022.

CORREIA, L. Transição energética, políticas de inovação e desenvolvimento econômico: uma análise das iniciativas em energias eólica e solar fotovoltaica no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

DOMINGUES, C. A. Energia Sustentável- Nova Geração de Energia Elétrica. 2010. 41 p. Monografia – Especialista em Gestão Ambiental, Universidade Candido Mestre, Niterói, São Paulo, 2010.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A Energia Eólica no Brasil: Proinfa e o Novo Modelo do Setor Elétrico. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/CBE_XI-Artigo2.pdf. Acesso em 28 nov. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica. 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 03 dez. 2022.

EPE. Eólica *Offshore*. Roadmap. Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em 02 dez. 2022.

FERREIRA, T. V. B.; MACHADO, G. V. O papel do planejamento na transição energética: mais luz e menos calor. Revista Brasileira de Energia, v. 27, n. 2, 2º Trimestre de 2021 - Edição Especial I.

IBERDROLA. Floating *offshore* wind power: a milestone to boost renewables through Innovation. 2022. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/innovation/floating-offshore-wind>. Acesso em 03 dez. 2022.

IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2022.

LAMARCA JUNIOR, M. R. Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade. 2012. 180 p. Tese (Doutorado) – Ciências sociais, Universidade Católica, São Paulo, 2012.

MESQUITA, J. C. M. Estudo sobre a transição energética na matriz elétrica brasileira. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

OLIVEIRA, A. S. A Liderança dos Países Desenvolvidos no Acordo de Paris: reflexões sobre a estratégia do Naming and Shaming dentro do Balanço-Global. Sequência (Florianópolis), v. 81, Jan-Abr 2019.

PICOLO, Ana Paula; RUHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 36, n. 4, p. 01-13, dez. 2014.

PINTO, Milton de Oliveira Fundamentos de energia eólica. Rio de Janeiro: LTC, 2013

PINTO, Milton de Oliveira. Energia eólica: princípios e operação. São Paulo: Érica, 2019.

SANTOS, M. A. S. Fontes de Energia Nova e Renovável. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

VIOLA, E.; FRANCHINI, M. A. Governança ambiental: da destruição das florestas até os objetivos de descarbonização. Revista USP, São Paulo, n. 134, p. 143-162, jul./ago./set., 2022.

WIND EUROPE. Floating *offshore* wind energy: a policy blueprint for Europe. 2018. Disponível em: <https://windeurope.org/policy/position-papers/floating-offshore-wind-energy-a-policy-blueprint-for-europe/>. Acesso em 02 dez. 2022.

WOLF, J. et al. *Offshore* wind energy. In: LETCHER, T. Comprehensive Renewable Energy. Amsterdã: Elsevier, 2022.