

PANORAMA ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE* NO RIO GRANDE DO NORTE

Julio L. M. Macedo¹, Gislene Micarla Borges de Lima²

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil
(juliomendonca46@gmail.com)

²Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil

Resumo: A energia eólica offshore surge como alternativa para diversificar a matriz energética e reduzir impactos climáticos. No Brasil, o Rio Grande do Norte destaca-se pelo alto potencial de geração. Por meio de uma revisão narrativa, o trabalho apresenta o panorama atual, os desafios regulatórios e ambientais, a nova legislação (Lei nº 15.097/2025) e os principais projetos em desenvolvimento na região, analisando impactos e perspectivas futuras no setor.

Palavras-chave: *Offshore*; Legislações; Panorama; Rio Grande do Norte.

INTRODUÇÃO

A sociedade atualmente está passando por uma grande transição energética, em busca de fontes de energias renováveis e economicamente viáveis para o grande e contínuo progresso que move o mundo como é hoje, essa procura contínua de fontes de energia renováveis são consequências deixadas pelas crises energéticas passadas, como a do Petróleo na década de 70, e com as mudanças advindas do aquecimento global torna-se cada vez mais necessário estabelecer uma maior independência de fontes energia de origens fósseis. A energia eólica em especial possui um diferencial entre as outras fontes de energia renováveis, que vem do seu “combustível”, o movimento dos ventos, sendo considerado infinito, uma vez que o vento está disponível por todo o globo

Nesse contexto, a produção de energia eólica tem se consolidado como uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética brasileira, com destaque para a região Nordeste, devido a sua alta incidência de ventos na região. Entretanto, mesmo sendo reconhecida como uma fonte de energia renovável e de baixo impacto em emissões de gases de efeito estufa, também possui impactos ambientais a serem considerados.

Com destaque para as usinas eólicas *offshore*, elas podem causar impactos em proporções maiores se comparadas às usinas onshore, por interferir com o ecossistema marinho, interferindo em rotas migratórias de aves e espécies marinhas, além de modificar o funcionamento dos seus habitats. Dessa forma, o papel das regulamentações ambientais é

fundamental para garantir um desenvolvimento sustentável do setor, sendo essencial no processo de licenciamento desses empreendimentos, buscando ao máximo mitigar os impactos ambientais e assegurar que a instalação e operação dessas usinas ocorram de maneira responsável.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise geral sobre o panorama das usinas eólicas *offshore* e como podem impactar de diversas maneiras no ambiente da costa norte-rio-grandense e as perspectivas futuras do respectivo meio de geração de energia na região. Será avaliado a importância da divulgação e conscientização sobre as legislações que regem a criação de parques eólicos offshore, destacando seus impactos na aceitação social e no desenvolvimento sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica de caráter narrativo, com foco na análise e sistematização de informações sobre o panorama atual e as perspectivas futuras da geração de energia eólica offshore, com ênfase nos impactos socioambientais e nas regulamentações aplicáveis ao contexto da costa norte-rio-grandense.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro e abril de 2025, utilizando como principais fontes: artigos científicos, livros especializados, relatórios técnicos de órgãos oficiais (como ANEEL, IBAMA, MME e GWEC), legislações vigentes e documentos institucionais nacionais e internacionais. As bases de dados consultadas incluíram o Google

Scholar, Scielo, e os portais oficiais de instituições governamentais e organizações ligadas ao setor energético.

Foram priorizadas publicações recentes (de 2018 a 2025), considerando a rápida evolução do setor de energia eólica offshore, mas também foram incluídas fontes anteriores quando consideradas fundamentais para o embasamento histórico ou conceitual da discussão.

A abordagem metodológica seguiu os princípios da revisão narrativa, buscando fornecer uma visão ampla, contextualizada e crítica sobre o tema, sem a intenção de esgotar todas as publicações existentes, mas com o objetivo de identificar lacunas, tendências, desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável dessa modalidade de geração de energia no Brasil, especialmente na região do Rio Grande do Norte.

A análise dos materiais foi realizada de forma qualitativa, organizando os conteúdos em eixos temáticos como: contexto energético global e nacional, potencial eólico offshore no Brasil, impactos ambientais associados, processos de licenciamento, regulamentações vigentes e perspectivas futuras do setor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de energia eólica baseia-se na geração de energia elétrica por meio da energia cinética contida no movimento dos ventos, o qual faz as hélices girarem. O vento varia conforme as estações do ano e os diferentes momentos durante o dia. Além disso, fatores como a topografia e as características do solo, incluindo sua rugosidade, influenciam diretamente a distribuição da velocidade do vento nesse local. A quantidade de energia eólica que pode ser aproveitada em uma área também depende de aspectos como o desempenho dos equipamentos, a altura em que operam e o espaçamento entre os sistemas de conversão instalados (GOMES, DA SILVA, CORREA, 2012). Conforme os fatores climáticos e estruturais sejam atendidos pode-se criar parques eólicos tanto em terra (*onshore*) como no mar (*offshore*).

Embora a maioria dos parques eólicos sejam normalmente construídos em terra, diante das limitações de terrenos adequados para novos projetos, alguns países do mundo já possuem parques eólicos localizados em regiões marinhas. Outro fator importante é a vantagem de utilizar torres mais altas, com maior capacidade de produção, o que de outra forma seria inviável a instalação em terra (CASTRO,

2018).

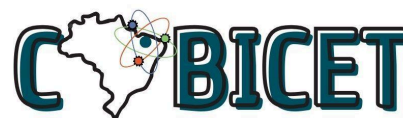
Segundo Soares (2021), para desenvolver estratégias que incentivem a criação de uma indústria eólica offshore, é fundamental possuir um entendimento profundo e detalhado dos requisitos profissionais, habilidades, itens e instrumentos em toda sua fase de vida. Uma central de energia eólica offshore é formada por várias turbinas eólicas instaladas na superfície do mar, sistema de apoio; sistema de compra e transmissão de eletricidade e subestação de transformação em alto-mar e em terra. As turbinas eólicas estão conectadas por cabos a uma plataforma marítima que, por sua vez, está conectada por cabos de exportação submarina à estação terrestre, que por sua vez, está conectada à rede nacional existente.

A indústria de energia eólica offshore apresenta um ciclo de vida que abrange um conjunto de fases, que a medida que um projeto atravessa sua trajetória de desenvolvimento possui semelhanças ao ciclo de vida das plataformas de extração de Petróleo. Na Figura 1 é esquematizado o ciclo de vida de uma usina eólica offshore, a qual apresenta três macrofases: Pré-Desenvolvimento; Desenvolvimento e Operação; e Pós-Operação. Cada uma dessas macrofases principais refere-se a um grupo de etapas, onde todas as etapas também são percebidas como processos e ações que realizam integração da cadeia de valor de uma usina eólica offshore (SOARES, 2021).



Figura 1 - Ciclo de Vida de uma Usina Eólica Offshore. Fonte: SOARES, 2021.

Na fase de Pré-Desenvolvimento, são realizados estudos preliminares para definir a área de atuação. A fim de identificar os locais aptos para essas atividades, para então elaborar um plano logístico operacional de uma forma que minimize os impactos ambientais. Entretanto, não existe um viés único de planejamento para a instalação de empreendimentos offshore, pois a estratégia varia conforme a capacidade outorgada (projetada) do parque, a distância da costa, a profundidade do mar e as condições climáticas. Um estudo bem definido é fundamental para reduzir os custos, minimizar riscos e impactos ambientais. Desta forma, serão obtidas as licenças e aprovações de diferentes autoridades para a devida aquisição da área (COX; NOGUEIRA, 2023).



A fase de Desenvolvimento e Operação representada uma gama complexa de procedimentos que vai do planejamento detalhado da construção para a aquisição e fabricação de componentes, a definição da logística de suporte utilizada para a construção, operação, e manutenção do projeto, os portos de suporte do parque, a obtenção de licenças para instalação e construção da usina a sua rede coletora e distribuidora, como a sua devida operação (COX; NOGUEIRA, 2023).

Por último, a fase de Pós-Operação considera a retirada de todos os componentes da usina após finalizado o seu período operacional, levando em conta as consequências ambientais, geofísicas e socioeconômicas decorrentes de todo o processo de desmantelamento, descarte dos componentes e, quando possível, a restauração dos danos causados (COX; NOGUEIRA, 2023).

Nesse contexto, a experiência internacional demonstra que, sob as condições adequadas, a implementação dessa modalidade de geração de energia é viável e vantajosa. As motivações que contribuíram para isso são várias, incluindo a redução da emissão de CO₂ em seu território e águas europeias, além do compromisso global com a preservação ambiental. A energia eólica offshore já é uma possibilidade alcançável em algumas nações, como os Estados Unidos e a China (VAICBERG; VALIATT; FERREIRA, 2021).

Em 2024, os países com a maior quantidade de instalações *onshore*, são China, Estados Unidos e Alemanha. Já os maiores produtores de energia eólica offshore são a China, novamente em primeiro lugar, Reino Unido e Alemanha. O mercado atual de energia é muito competitivo onde uma pequena parcela de países detém certa hegemonia. O Brasil é o 6º colocado, representando apenas 3% da geração *onshore*. A geração *offshore* ainda é pequena em todo o mundo, para ter uma noção desse montante, as usinas *onshore* participam com 92,9% e as usinas *offshore* correspondem a apenas 7,1% (ABEEÓLICA, 2024).

Segundo a Global Wind Energy Council (GWEC), o ano de 2023 foi o segundo melhor ano para eólicas *offshore* na história, com 10,9 GW de nova energia. A eólica no mar foi incluída na rede global no ano anterior, aumentando a capacidade eólica total *offshore* para 75,2 GW até o final de 2023. A China foi líder globalmente na evolução anual de energia eólica em alto mar pelo sexto ano consecutivo, totalizando 6,3 GW incluídos em 2023, seguido pela Europa (3,8 GW). Além da China e também da Europa, mais três mercados incorporaram novo potencial eólico *offshore* no ano anterior: Taiwan

(China, 692 MW), Japão (140 MW) e Coreia do Sul (4,2 MW) (GWEC, 2024). A Figura 2 categoriza o avanço de novos empreendimentos eólicos de 2006 até 2023, evidenciando a soberania da China nesse setor em comparação ao resto do mundo.



Figura 2 - Novas Instalações de Empreendimentos Eólicos *Offshore* pelo mundo até 2023. Fonte: GWEC, 2024.

As visões do mercado global eólico *offshore* continuam sendo promissoras, embora a GWEC Market Intelligence tenha reduzido a sua visão para acréscimos totais em 2024-2028 com um aumento de 10% em comparação em relação à projeção para 2023, levando em conta os desafios imediatos. Até 2033, projeta-se que os parques eólicos offshore cheguem a 66 GW, aumentando a cota de energia eólica externa nas novas instalações de energia eólica dos atuais 9% para pelo menos 25%. As perspectivas do GWEC que até 2033 as configurações anuais podem aumentar até três vezes até 2028 e estabelecer 410 GW até 2033, aumentando a capacidade total de 487 GW de potência eólica offshore até o final deste ano (GWEC, 2024). A Figura 3 ilustra as perspectivas futuras desse mercado ao decorrer dos anos.

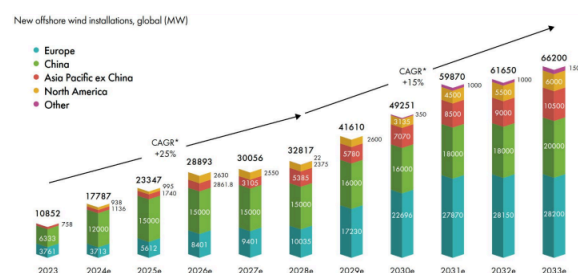


Figura 3 - As Perspectivas de Novas Instalações Eólicas Offshore Globais (MW) até 2033. Fonte: GWEC, 2024.

No Brasil ainda não existem operação de parques de energia offshore, entretanto os estudos e os processos de licenciamentos para esse tipo de empreendimento estão a todo “vapor” para acrescentar esse meio de geração de energia na matriz energética brasileira o quanto antes, trazendo mudanças significativas e quebra de paradigmas para o desenvolvimento sustentável e renovável deste país.

Dados de março de 2025, ilustrados na Figura 4,

mostram uma diversificação na matriz energética brasileira, na qual contém a maior parte dos meios de geração de energia são fontes renováveis. A eólica é a segunda maior fonte de energia da matriz, ficando atrás apenas da hídrica.

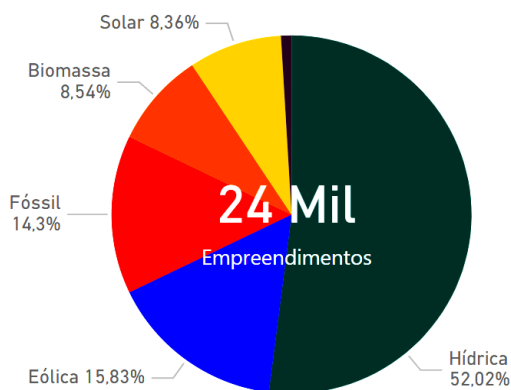


Figura 4 – A Matriz Energética Brasileira pela Origem de Combustível. Fonte: ANEEL, 2025.

À medida que a matriz energética eólica se expande no cenário brasileiro, se faz necessário repensar todo o processo de licenciamento desses projetos, mesmo que seu impacto em carbono seja menor, levando em conta o de outras fontes de energia, o impacto ainda existe.

Com a descoberta de maiores potenciais eólicos tanto na terra quanto no mar, torna ainda necessária uma análise mais criteriosa. Para produção em mar, o Brasil possui um dos maiores potenciais do mundo, com mais de 1.200 GW disponíveis (ABEEÓLICA, 2024). Ao olhar de uma perspectiva global, a capacidade eólica *offshore* global total instalada foi 75,2 GW até o final de 2023 (GWEC, 2024).

O setor possuía, em 2023, cerca de 1104 Parques Eólicos, com mais de 11728 aerogeradores em operação distribuídos em 12 estados com 33,7 GW de capacidade instalada em operação comercial e teste (ABEEÓLICA, 2025). Entretanto, é importante apontar que, atualmente, o Brasil possui apenas projetos em *onshore* operando. Os projetos de usinas eólicas *offshore* conceituais enfrentam desafios jurídicos e regulatórios específicos para a sua execução plena, onde possui previsão de que as primeiras usinas estejam operantes a partir de 2030 (ANEEL, 2024).

O litoral brasileiro abrange aproximadamente 7.300 km de costa marinha, é local de cerca de 104 projetos de parques eólicos *offshore* em processo de licenciamento solicitados ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), ocorrendo em três regiões principais: Nordeste,

Sudeste e Sul. Esses projetos são distribuídos por grandes distâncias, possuindo o papel de ilustrar as regiões de maior potencial eólico. Em todas as áreas de foco os projetos se sobrepõem levando a uma incerteza significativa em relação a potenciais conflitos sobre a utilização do espaço marinho e os efeitos socioambientais que esses parques podem gerar. (HERNANDEZ, RICARTE, 2022)

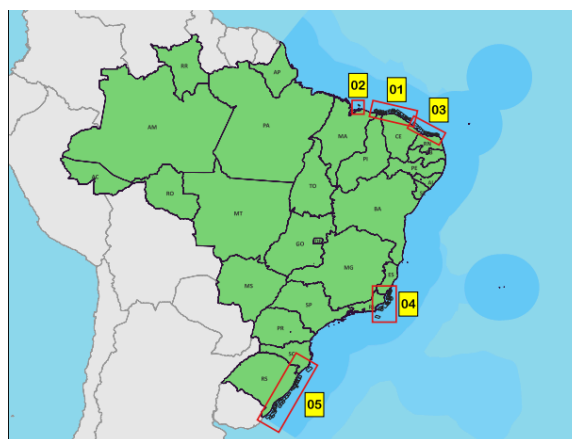


Figura 5 – Projetos de Complexos Eólicos Offshore em Processo de licenciamento pelo IBAMA. Fonte: IBAMA, 2025.

A maior parte desses projetos foram projetados para que seus aerogeradores sejam instalados em sua maioria a uma distância de 20 a 40 km da costa com uma profundidade média do local de instalação de até 50 metros. Sobre os fatores que influenciam a desenvolver essa tendência de proximidade da costa e baixa profundidade desses projetos, Vidal (2025) afirmar que:

“[...] A escolha de localidades próximas da costa e com baixa profundidade para a produção de energia pela fonte eólica offshore está intrinsecamente ligada aos custos de implantação desses empreendimentos. [...] A proximidade da costa facilita o acesso aos equipamentos e ao pessoal necessários para a instalação das turbinas, reduzindo os custos de transporte e logística”.

Um aspecto fundamental a ser considerado é a eficiência desses projetos em relação às previsões condicionais no planejamento inicial. Como mencionado anteriormente, durante a fase de pré-instalação de qualquer empreendimento, são realizados estudos de metas para determinar sua capacidade operacional. A partir desses estudos, define-se a capacidade do projeto, ou seja, a potência outorgada (projetada). Normalmente a quantidade real de energia gerada nesses empreendimentos é fiscalizada pelos órgãos reguladores, esse valor pode

ser inferior à potência outorgada devido a fatores como a perda de eficiência ou dificuldades na sua distribuição (ANEEL, 2023).

Ao examinar os dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ilustrados na Figura 6, observa-se que a eficiência dos métodos de geração elétrica atualmente empregados no Brasil variam conforme o tipo de empreendimento. Em particular, a energia eólica revela inconstâncias na sua produção, resultando em uma geração significativamente inferior à capacidade outorgada (projetada). Assim, a readaptação desses empreendimentos para ambientes marítimos suscita questionamentos quanto à sua viabilidade no contexto brasileiro.

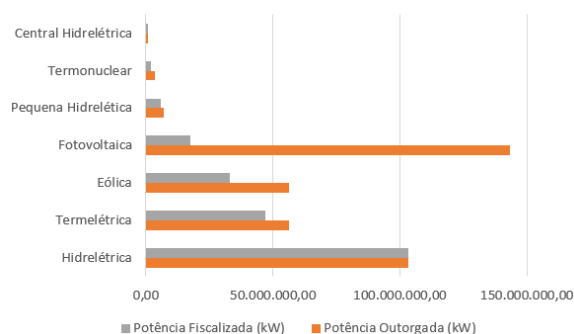


Figura 6 - Comparativo entre a Quantidade de Produção Outorgada e Fiscalizada de Empreendimentos de Geração de Eletricidade no Brasil. Fonte: Adaptado da ANEEL, 2025.

Com a grande ascensão do mercado de energia eólica *offshore*, é estritamente necessário a formulação de normas que atendam as especialidades dos novos cenários e adversidades encontradas nesses empreendimentos. Com novos contextos, exigem leis que atendam as necessidades desse mercado com tendência a se desenvolver cada vez mais. A Figura 7 mostra a grande demanda de solicitações de licenciamentos ambientais de projetos *offshore* até dezembro de 2024, ilustrando o desenvolvimento de um setor que até então estava com pouca procura. Em 2019, ocorrem maiores comoções para formulação de políticas públicas a favor dos empreendimentos eólicos *offshore*. Com isso, observa-se um crescimento gradual no número de solicitações de processos de licenciamentos e na potência acumulada dos projetos desse tipo de empreendimento nesse período, até dezembro de 2024 o setor alcançou um marco de pedidos de licenciamento de projetos eólicos *offshore* pelo IBAMA, onde chega a passar dos 230 pedidos.

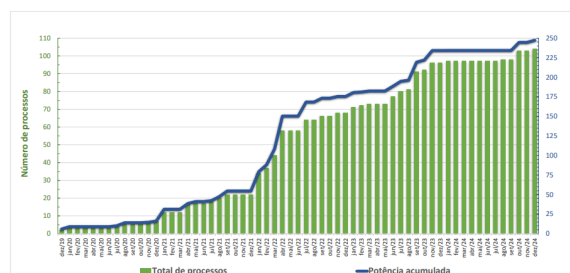


Figura 7 - Evolução da demanda do licenciamento de Projetos Eólicos Offshore no Brasil. Fonte: IBAMA, 2025.

Em 2019, foi firmada uma parceria entre o IBAMA e a União Europeia por meio do programa Diálogos Setoriais, que tem como objetivo aprimorar projetos de energias renováveis, atingir as metas do Acordo de Paris, discutidas nas Conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre objetivos de diminuição do aquecimento global e emissão de gases de efeito estufa até 2050 (IBAMA, 2025). Por isso, aumentar o fluxo de conhecimento ambiental e ampliar o canal de investimentos na área de energias renováveis *offshore* é um dos fatores essenciais para atingir esses objetivos (GWEC, 2024).

Essa parceria trouxe como consequência resultados expressivos em estudos sobre o setor, devido alguns países da União já possuírem complexos eólicos *offshore* em operação. Essa troca de conhecimentos se tornou ponto de partida para a organização dos procedimentos adotados em licenciamentos ambientais brasileiros nesse setor. Assim como a identificação dos possíveis impactos da tipologia, houve a orientação do foco do diagnóstico ambiental para os grupos com maior chance de interferência, como tartarugas, aves, mamíferos marinhos e ambientes recifais, além de aspectos ligados à pesca artesanal, navegação e turismo, levando em conta a distância da costa e alternativas técnicos-locacionais (IBAMA, 2025).

Em dezembro de 2019, a primeira versão do Termo de Referência foi divulgada para a Criação de Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para Parques Eólicos Marítimos. Este documento esteve disponível para consulta pública de janeiro de 2020, mas somente em novembro de 2020 foi feita a divulgação da versão final do Termo de Referência. É crucial saber que o Termo de Referência refere-se a uma espécie de resumo para a elaboração do EIA/RIMA, pesquisa realizada em conjunto com o pedido da licença ambiental e que ajudará a orientar a avaliação do órgão ambiental sobre as orientações do projeto e a concessão de autorização e licença ambiental solicitado (SEDEC, 2024).

No que diz respeito ao modelo de concessão ou como forma de exploração, foi publicado em janeiro de 2022 o Decreto Presidencial Nº 10.946, que trata da concessão de uso de recursos financeiros locais e a utilização de recursos naturais em águas internacionais de jurisdição da União, nas águas territoriais, na área econômica exclusiva e na plataforma continental para a produção de eletricidade a partir de empreendimentos marítimos (SEDEC, 2024). A Figura 8 traz um demonstrativo das proporções das distâncias permitidas para os projetos eólicos offshore estipuladas por essa Normativa.

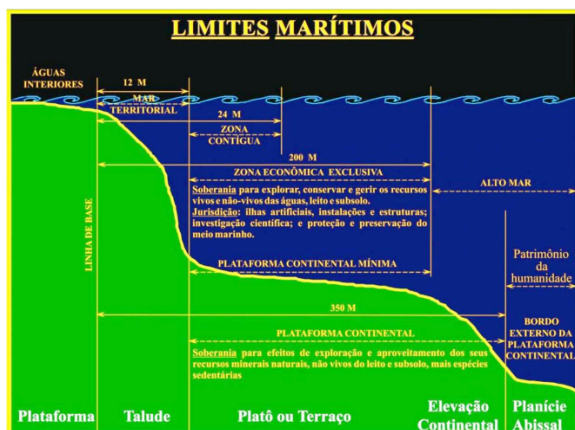


Figura 8 - Limites Marítimos para Exploração de Empreendimentos Eólicos Offshore, em Milhas(M)
.Fonte: PONTE, 2024, p. 15.

Em 19 de outubro de 2022, foram divulgados mais dois documentos: a Portaria Normativa Nº 52/GM/MME[66], que define as regras e procedimentos adicionais referentes à transferência de uso pago para exploração de usina de energia elétrica marinha no sistema de produção autônoma de energia ou geração própria de energia, de que aborda o art. 5º, inciso I, do Decreto nº 10.946, datado de 25 de janeiro de 2022, e a Portaria Interministerial MME/MMA nº 3, que estabelece diretrizes e procedimentos adicionais referentes à concessão de uso pago; aborda ainda a delegação à ANEEL das atribuições para formalização de contratos de cessão de uso e define informações sobre prazos e outros aspectos requisitos para a emissão das Declarações de Interferências Prévias (DIP) (MEE, 2022).

Ainda existe o Projeto de Lei nº 576, de 2021, que disciplina a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético *offshore* e o Projeto de Lei nº 11.247, de 2018, atualmente arquivado, que disciplina os requisitos e procedimentos necessários à obtenção de outorga de autorização para a exploração de centrais geradoras eólicas *offshore*, fotovoltaicas, ou que utilizem outras fontes renováveis, nas águas interiores sob o domínio

da União, no mar territorial e na zona econômica exclusiva, onde o Projeto de Lei nº 576, de 2021 encontrasse vetado parcialmente pelo Senado Federal por adquirir trechos que contrariam o interesse público e os objetivos de sustento do PL (SENADO FEDERAL, 2025; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2025).

Em 10 de janeiro de 2025, foi sancionada a Lei nº 15.097/2025, estabelecendo o marco legal para empreendimentos *offshore* no Brasil. Esta lei originou-se do Projeto de Lei nº 576/2021, esse PL altera a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021, e a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, esse PL promete estabelecer segurança jurídica e regulamentação necessárias para o licenciamento de empreendimentos *offshore*, visando regulamentar a exploração de energia elétrica em áreas marítimas sob domínio da União, como o mar territorial, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileira, além de disciplinar e estipular os requisitos e procedimentos necessários à obtenção de outorga e autorização para a exploração de centrais geradoras eólicas offshore (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2025).

No Rio Grande do Norte, a Resolução nº 279/2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes que facilitam o processo de licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos. Essa normativa classifica as usinas eólicas como empreendimentos de baixo impacto ambiental, exigindo a realização de estudos ambientais simplificados para sua aprovação (CARVALHO et al., 2022).

Quando estudos ambientais identificam impactos ambientais causados por empreendimentos, é necessário adoção de medidas compensatórias durante o processo de licenciamento ambiental. A compensação ambiental é o mecanismo legal que exige que o empreendedor destine recursos para apoiar a criação ou manutenção de Unidades de Conservação (UC), conforme determina o artigo 36 da Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). No Estado, além das compensações ambientais previstas pelo SNUC, também são disposições compensatórias adicionais, que representam encargos extras destinados às comunidades impactadas pelos empreendimentos, conforme determina a Lei Complementar Estadual nº 336/2006 (CARVALHO et al., 2022).

A costa norte-rio-grandense é privilegiada geograficamente, com parte do seu litoral possuindo

velocidade média variando entre 8,0 e 11,0 m/s em uma altura de 200 m, o estado oferece os melhores lugares e se sobressai por sua localização vantajosa, juntamente com uma plataforma continental ampla com profundidades designadas para a instalação das turbinas eólicas. O potencial total do estado, levando em conta apenas as regiões viáveis, poderia fornecer cerca de 1/3 de toda a eletricidade do Brasil em 2020, com uma capacidade que poderia chegar a 54,48 GW (SEDEC, 2024).

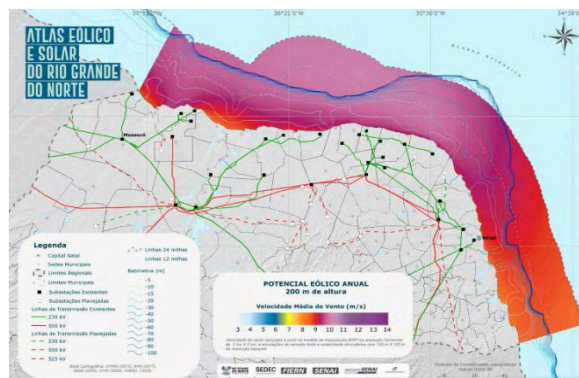


Figura 9 - Potencial eólico offshore no Rio Grande do Norte a 200 metros de altura. Fonte: SEDEC, 2024.

O Rio Grande do Norte destaca-se pelo significativo potencial para essa modalidade de geração de energia em terra. Até março de 2025, o RN possui 376 empreendimentos *onshore* ativos distribuídos pelo estado com 12,76 GW de potência outorgada acumuladas (ANEEL, 2025). O RN recebeu 14 pedidos de licenciamento para a instalação de complexos eólicos *offshore*, esses projetos juntos possuem uma potência acumulada de 25.46 GW, equivalente ao dobro da potência instalada até o referido período no estado.

O interesse de companhias do segmento de petróleo e gás, como Petrobras, Shell e Equinor, demonstram o mercado potencial de energia eólica offshore no RN, situação que também se repete em outros estados do país. A motivação para acontecer isso é resultante das atividades de exploração e remoção de petróleo e gás no mar, que apresentam algumas semelhanças nas operações para a implementação dos parques eólicos *offshore*.

O Nordeste brasileiro possui 50 projetos em processos de licenciamento com 113 GW de potência acumuladas, é a maior região brasileira em número e potência de projetos eólicos *offshore*. Onde os estados do Ceará, Piauí, Maranhão e Rio Grande do Norte são palcos para esses projetos eólicos *offshore*. O RN em específico é um dos estados com menor área ocupada pelos projetos em licenciamento, entretanto o RN possui a 4ª maior potência média por área projetada (MW/km²) a nível nacional e a 3ª

maior do Nordeste.

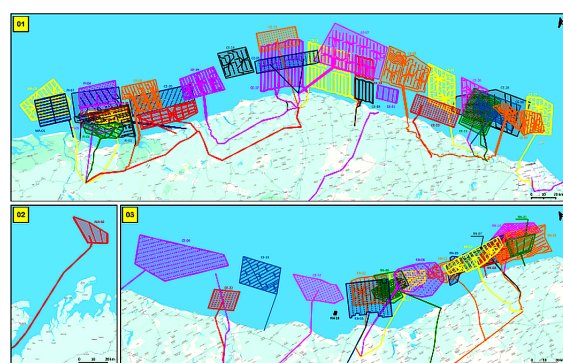


Figura 10 - Projetos Eólicos Offshore em Processo de Licenciamento no Nordeste Brasileiro. Fonte: IBAMA, 2025.

Como nem todos os fatores são favoráveis, existe uma grande sobreposição de projetos, especialmente nos projetos pertencentes aos estados do Piauí e Rio Grande do Norte. Os estados do Nordeste se comparam a outras regiões brasileiras ainda possuem destaque nesse ponto negativo, e também existe uma tendência de proximidade maior nos projetos situados na região Nordeste. Apesar de tais tendências serem benéficas levando a os processos de logística e de instalação, mas com isso trará outras consequências próprias desses empreendimentos, as Figuras 11 e 12 ilustram eficientemente esses pontos abordados.

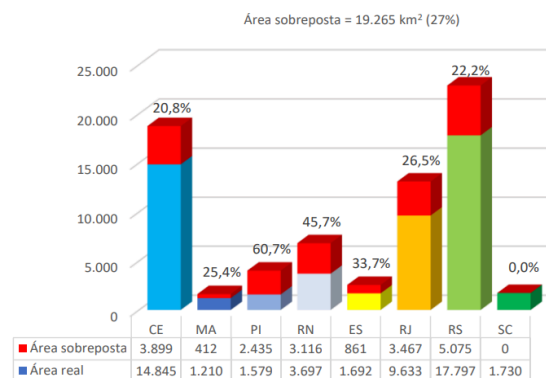


Figura 11 - Porcentagem de Sobreposição de Projetos Eólicos Offshore, por Estado, em Km². Fonte: IBAMA, 2025.

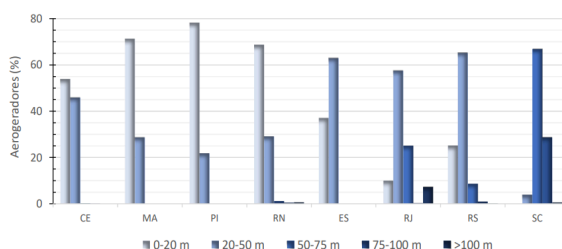


Figura 12- Profundidade do Local de Instalação do Aerogerador, por Estado. Fonte: IBAMA, 2025.

De acordo com estudos feitos em parques eólicos *onshore*, a sobreposição de múltiplos projetos em uma mesma região traz a possibilidade de acontecer impactos cumulativos significativos pela área afetada pelo projeto. Cada empreendimento individual pode ter um impacto limitado, mesmo a escala dos projetos serem maiores que os *onshore*, o acumulativo desses projetos pode trazer impactos maiores em comparação a projetos distribuídos de maneira mais dispersa (SILVA, 2024).

A busca por áreas com maior potencial eólico e menor profundidade, bem como a proximidade com infraestrutura portuária consolidada, fizeram com que começassem a surgir sobreposições de poligonais projetadas para diferentes empreendimentos [...]. No entanto, a demanda por instalação de diferentes empreendimentos em áreas adjacentes, gera uma barreira contínua ao longo da costa, com implicações para a navegação e potencial surgimento de barreiras para organismos marinhos. (BUGONI et al., 2022, p. 145-146)

A Avaliação de Impactos Cumulativos é uma prática reconhecida e recomendada internacionalmente no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), especialmente em projetos que apresentam concentração espacial capaz de causar impactos significativos ao meio ambiente, como as eólicas *offshore*. A análise adequada da utilização dessa variável como um atributo de avaliação dos possíveis impactos gerados pela instalação e operação dos empreendimentos é aplicado em um número reduzido de estudos, e carece de uma análise quantitativa da escala temporal e espacial dos impactos, e quando trabalhados geralmente apresentam “listagens superficiais”. No Brasil, isso é uma problemática ainda mais evidente, devido o país ser ainda ter conhecimentos limitados nesse segmento (SILVA, 2024).

O potencial de geração de energia renovável no Nordeste pode ser comprovada sob a perspectiva do desenvolvimento regional já existente na região,

considerando o potencial de investimento impulsionado pelas vantagens estratégicas do clima, vegetação e características do solo. Com o avanço das novas tecnologias de geração de energia elétrica, meios de geração de energia renováveis como a eólica e solar têm o poder de resultados no crescimento socioeconômico. No entanto, o aproveitamento desses recursos naturais não se dá apenas pelo seu papel na produção de energia, mas principalmente pelo que possibilita dentro do contexto mais amplo de valorização do capital (PESSOA et al., 2022).

Como todo empreendimento energético possui impactos sejam eles econômicos, sociais ou ambientais, não é diferente para os empreendimentos eólicos offshore. Com isso, torna-se ainda mais necessário analisar e inspecionar todos os fatores que a compõem.

A partir destas premissas, analisar e imprimir com precisão as implicações, sobretudo as indiretas, na fase de planejamento de empreendimentos eólico-energéticos marítimos, tornam-se um desafio indispensável. Pouco se conhece, a partir da ótica geográfica, sobre como tais iniciativas irão interagir com os diferentes sistemas existentes nas costas e oceanos (XAVIER, 2022, p. 28).

No Brasil, além das deficiências nos estudos de impacto, nenhum dos projetos planejados para o ambiente marítimo até o momento levou em consideração a obrigação de realizar a consulta prévia, livre e informada às populações locais, conforme estabelecido pela Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) (FAUSTINO; TUPINAMBÁ; MEIRELLES, 2023). A zona costeira brasileira abriga territorialidades construídas ao longo do tempo, que se entrelaçam com diversos setores socioeconômicos da região, como a pesca, indústria, carcinicultura, agricultura, lazer e turismo, e nos últimos anos, a energia eólica também passou a integrar esse cenário. A interconexão entre essas atividades dá origem a dinâmicas complexas que se manifestaram de maneira intrínseca na realidade dos povos e comunidades afetadas por esses empreendimentos (XAVIER, 2022).

As ausências de garantias jurídicas para o exercício dos direitos territoriais dessas comunidades favorecem a especulação imobiliária e mercantilização (legal e ilegal) de terra, mantendo as populações locais sob insegurança territorial. [...]

Chegando nesse contexto, as eólicas também demandando terra, água, território, incentivos fiscais e financiamentos para a realização de grandes obras de infraestrutura, instalação de aerogeradores, e extensas linhas de transmissão para integrar um sistema hidro-térmico-eólico de grande porte (FAUSTINO; TUPINAMBÁ; MEIRELLES, 2023, p. 1).

De uma forma geral, os impactos potenciais e empíricos variam conforme as etapas de pré-construção, construção e pós-construção, podendo gerar efeitos de curto, médio e longo prazo (XAVIER;GORAYEB; BRANNSTROM, 2023). Esses impactos não só afetam a sociedade humana, mas também todo o ecossistema seja direta ou indiretamente. O Quadro 2 demonstra a escala desses impactos de maneira mais detalhada e dinâmica.

Quadro 2 - Demonstrativo de Impactos Socioambientais durante o Ciclo de Vida de uma Usina Eólica Offshore.

Esfera do Impacto	Tipo do Impacto	Fase do Empreendimento
Mamíferos e Aves Marinhas	Negativo	Construção; Operação e Descomissionamento
Peixes	Negativo e Positivo	Construção; Operação e Descomissionamento
Biota Terrestre	Negativo	Construção e Operação
Fauna Bentônica	Negativo e Positivo	Operação e Descomissionamento
Atividades Sociais	Negativo e Positivo	Pré-construção ; Construção; Operação e Descomissionamento
Geofísicos	Negativo	Construção e

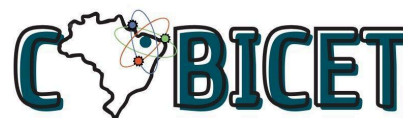
		Descomissionamento
--	--	--------------------

Fonte: Adaptado de XAVIER;GORAYEB; BRANNSTROM, 2023, p. 17-18.

Devido ao fato que os aerogeradores que são instalados no mar serem consideravelmente maiores que os em terra, sua atividade requer grandes espaços no território para atividades como armazenamento, transporte terrestre e marítimo, bem como locais para a ancoragem de barcos. Essas atividades podem apresentar perigos para várias zonas úmidas costeiras, como praias, estuários, bancos de algas, recifes de corais e manguezais, e ecossistemas essenciais para os ciclos de vida de muitas espécies marinhas presentes, por afetar seus locais de alimentação, reprodução e desenvolvimento. Além de sua relevância para a biodiversidade, os ambientes úmidos realizam serviços ecossistêmicos fundamentais tanto para as comunidades locais quanto para a sociedade como um todo. Por ajudarem na mitigação das mudanças climáticas ao sequestrar carbono, diminuir a erosão excessiva, moderadas para a proteção do litoral e têm um papel essencial na redução dos efeitos de tempestades e da elevação do nível do mar (FAUSTINO; TUPINAMBÁ; MEIRELLES, 2023).

Num contexto regional/local, a inserção desses empreendimentos na região são responsáveis por um aumento na criação de empregos, com um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico das áreas que recebem esses investimentos. Com isso, é essencial promover atividades que favoreçam a ampliação dos processos produtivos e a diversificação das cadeias de transformação. Essas atividades representam uma mudança estruturada e sustentável, moldada pelas particularidades do território, pela geração de trabalho e renda, pela abertura de novos empreendimentos e pela melhoria da infraestrutura urbana, além do acesso aprimorado a serviços essenciais como saúde, saneamento e segurança pública (PESSOA et al., 2022).

Atualmente, os impactos socioambientais já existentes nos empreendimentos eólicos *onshore* se apresentam de forma multidimensional nos municípios do RN, onde mesmo existindo a constatação desses impactos no RN, não existe regulamentações que considerem todos os impactos ocasionados desses empreendimentos em nenhum nível de governo, seja federal, estadual e/ou municipal pois, os instrumentos regulatórios de controle, como o licenciamento ambiental não consegue efetivamente atuar frente aos impactos negativos aos sistemas sociais e ecológicos existentes nos territórios. Essa realidade é observada em outros estados do Nordeste do Brasil, importante destacar



que não são impactos isolados, já que são presentes e característicos deste tipo de atividade produtiva (PESSOA et al., 2022). Diante dessa realidade enfrentada em terra, a readaptação desses projetos para o ambiente marinho traz cada vez mais incertezas na sua operacionalização e se a mesma será justa e igualitária para todos os envolvidos.

Com isso, a comprovação dos impactos deve ser exposta de maneira objetiva nos estudos ambientais exigidos pelo processo de licenciamento ambiental. Os documentos elaborados pelos responsáveis por cada projeto devem ser submetidos à avaliação do IBAMA, que deverá analisá-los com imparcialidade, garantindo a preservação da integridade socioambiental da área pretendida para Projetos Eólicos *Onshore* quanto *Offshore*, e aplicar as medidas de mitigação e compensação, quando necessárias, sendo estruturadas de maneira compatível com as especificidades locais, garantindo o envolvimento social ao longo do processo de licenciamento (XAVIER; GORAYEB; BRANNSTROM, 2023).

CONCLUSÃO

A eólica *offshore* é uma promessa para o futuro, de acordo com resultados de alguns países em desenvolvimento. Entretanto, essa não é uma fórmula simples, pois muitas dessas respostas refletem múltiplos fatores do ambiente de investimento do projeto. No entanto, esses resultados indicam que a energia eólica offshore apoiada por financiamento de um país desenvolvido pode competir com outros meios de geração de energia a longo prazo.

O problema enfrentado pelo Brasil não está na escassez de recursos, a matriz energética brasileira possui grande participação de fontes renováveis, o desafio é gerenciar sua abundância em recursos, aplicar os devidos investimentos em estudos e patentear regulamentações para esses empreendimentos que se adequem a realidade existente nesse país.

Todavia, os processos de licenciamento desses empreendimentos estão aumentando exponencialmente, enquanto há uma escassez de estudos rigorosos sobre as especificidades dos impactos ambientais das usinas eólicas *offshore* no ecossistema marinho brasileiro, com um prazo curto para começar suas operações. Evidenciando a necessidade de debates e iniciativas verdadeiramente aprofundadas sobre o tema.

Na mesma direção, os órgãos ambientais estaduais e municipais apresentam recursos limitados para suprir a demanda de licenciamentos de empreendimentos do setor eólico, sendo considerados fragilizados do

ponto de vista técnico, devido a baixa quantidade de profissionais efetivamente capacitados. Cria-se assim um conflito entre o interesse dos estados e municípios na atração dos investimentos na geração de energia eólica e a capacidade de análise técnica dos órgãos licenciadores e controle social que possam garantir um processo justo do ponto de vista social e ambiental (CARVALHO et al., 2022).

A região Nordeste apresenta projetos com tendências diferenciadas ao serem comparadas a outras regiões brasileiras, devido uma realidade diferente de desenvolvimento e problemas socioeconômicos específicos. Tal quesito torna o papel educacional da divulgação dos impactos, possibilidades e todo o contexto em volta desse segmento essencial para o seu desenvolvimento justo e igualitário para todos os povos, culturas e indivíduos únicos que residem nesta região.

Diante de uma pressão significativa para garantir que a transição energética seja distribuída de forma justa e com os dividendos e as oportunidades de crescimento. Acarreta, numa grande disputa para se alcançar essa transição gerando negligenciamento das metas de mitigação climática, e juntamente com as incertezas futuras - como o possível declínio do petróleo - complica o planejamento para economias em desenvolvimento, como o Brasil, em áreas como expansão da infraestrutura, desenvolvimento da força de trabalho e cadeia de valor própria desses empreendimentos (GWEC, 2024).

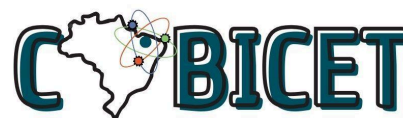
Se o processo para transição energética não for estruturada para as reduzir desigualdades socioeconômicas existentes e mitigar os impactos do deslocamento da mão de obra, existe o risco de um processo desordenado e prolongado, dificultando a consolidação das energias renováveis e comprometendo iniciativas de desenvolvimento sustentável em economias desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.067, 2023. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/aneel/resolucao-normativa-n-1067-2023-altera-a-resolucao-normativa-no-1-029-de-25-de-julho-de-2022-que-consolida-os-procedimentos-e-condicoes-para-obtencao-e-manutencao-da-situacao-operacional-e-definicao-de-potencia-instalada-e-liquida-de-empreendimento-de-geracao-de-energia>



-eletrica?origin=instituicao. Acesso em: 18 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.067, 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231067.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). RALIE - Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração Energia Elétrica, 2025. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/Ralie#!>. Acesso em: 03 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA, 2025. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/siga/ItMTVvkZTU4NWYzYzFmIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsmMi0jR9>. Acesso em: 11 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS (ABEEólica). Energia Eólica: O Setor, 2025. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/o-setor/>. Acesso em: 11 jan. 2025.

BUGONI, Leandro et al. Eólicas offshore no Brasil: potenciais impactos, recomendações para o licenciamento e implicações para a conservação das aves marinhas e costeiras. In: FIALHO, Marcos de Souza; FIALHO, Arlindo Gomes (orgs.). Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil. 4. ed. Cabelado, PB: CEMAVE/ICMBio, 2022. Cap. 8, p. 137-180.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Legislação Informatizada - LEI Nº 15.097, DE 10 DE JANEIRO DE 2025 - Publicação Original, 2025. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2025/lei-15-097-10-janeiro-2025-796889-publicacaooriginal-174083-pl.html>. Acesso em: 18 mar. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. PL 11247/2018, 2025. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2190084&fichaAmigavel=nao#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20ampli%C3%A7%C3%A3o%20das,gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20a>. Acesso em: 18 mar. 2025.

CARDOSO, Pedro Moreira. Fontes energéticas do Brasil e conceitos de física correlacionados na literatura didática do Ensino. 2017.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães et al. Expansão da produção de energia eólica em áreas protegidas do Rio Grande do Norte, Brasil. In: Descarbonização na América do Sul, p. 354-374, 2022.

CASTRO, Nivalde de et al. Perspectivas da energia eólica offshore. 2018. Disponível em: <http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/castro184.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

DE ALBUQUERQUE COX, Roberta Mota Cavalcanti; NOGUEIRA, Jorge Madeira. Avaliação de impacto de eólicas offshore no Brasil. Revista Tempo do Mundo, n. 32, p. 319-341, 2023.

FAUSTINO, C.; TUPINAMBÁ, S. V.; MEIRELLES, A. Impactos e danos socioambientais da energia eólica no ambiente marinho-costeiro no Ceará. 2023.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC). Relatório Global Eólico 2024, 2024. Disponível em: <https://www.gwec.net/reports/globalwindreport#Download2024>. Acesso em: 11 fev. 2025.

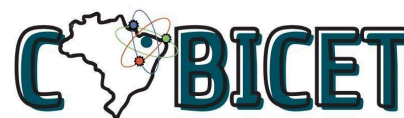
GOMES, Wagner Ribeiro; DA SILVA, Wallace Gomes dos Santos; CORREA, Igor Lozano. Meios Alternativos de Produção de Energia Elétrica. Bolsista de Valor, v. 2, p. 205-214, 2012.

HERNANDEZ, Mauricio; RICARTE, Eliab. Abordagem estratégica sustentável para avaliação locacional de parques eólicos offshore e oportunidades da cadeia de valor no Brasil. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Mapas de projetos em licenciamento - Complexos Eólicos Offshore, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>. Acesso em: 15 mar. 2025.

MACEDO, Julio L. M. Panorama energia eólica offshore no Rio Grande do Norte. 2025. 16f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia da Informação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/home>. Acesso em: 03 mar. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Portaria Interministerial MME/MMA nº 3, de 19 de outubro de 2022, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-interministerial-mme/mma-n-3-de-19-de-outubro-de-2022-437756126>. Acesso em: 18 mar. 2025.



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Portaria Normativa nº 52/GM/MME, de 19 de outubro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-52/gm/mme-de-19-de-outubro-de-2022-437756203>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Portaria Normativa nº 52/GM/MME, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-52-gm-mme-2022.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

MÖLLER, Ana Karina Ticianelli. O direito ambiental e o mundo em mudanças. 2024.

PESSOA, Zoraide Souza et al. Relações entre descarbonização, vulnerabilidades socioambientais e impactos regionais da energia eólica no contexto do Nordeste do Brasil: o caso do Rio Grande do Norte. In: Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina. Mossoró: Edições UERN, p. 329-353, 2022.

PONTE, Gustavo. O papel da eólica offshore no planejamento energético nacional. Workshop MME & WBG, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sn-tep/dte/cgebc/gt-eolicas-offshore-1/arquivos/apresentacoes-workshop/8-20240716-gustavo-ponte-2024-7-16-epe_eolica-offshore-1-1.pdf. Acesso em: 16 mar. 2025.

SANTESTEVAN, William Hornburg; PEYERL, Drielli; CARLA DE ABREU, D. Possibilidades e desafios para inserção da geração eólica offshore no Brasil. Revista Brasileira de Energia, v. 27, n. 4, 2021.

SEDEC/RN. Atlas Eólico e Solar do RN, 2024. Disponível em: <http://www.sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=298260&ACT=&PAGE=&PARM=&L-BL=MAT%C9RIA>. Acesso em: 19 fev. 2025.

SENADO FEDERAL. Lei nº 15.097, 2025. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/40151309>.

SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 576, de 2021, 2025. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793>. Acesso em: 21 mar. 2025.

SILVA, Heloísa Gomes da. Avaliação de impactos cumulativos no licenciamento ambiental de complexos eólicos no Estado da Paraíba. 2024.

SOARES, Adriana Georgia Borges. Cadeia de valor Leagile no desenvolvimento do projeto e construção de usinas eólicas offshore: proposta de framework de diretrizes. 2021.

VAICBERG, Henrique; VALIATT, Gian; FERREIRA, Matheus. Energia eólica offshore: um overview do cenário global e o contexto brasileiro. Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy-International Law And Business Review, v. 1, n. 1, p. 114-143, 2021.

VIDAL, Douglas Bitencourt et al. Avaliação do potencial de geração de energia eólica offshore no litoral do Nordeste brasileiro. 2024.

XAVIER, Thomaz Willian de Figueiredo. Análise participativa dos potenciais impactos socioambientais de parques eólicos marinhos (offshore) na pesca artesanal no estado do Ceará, Brasil. 2022.

XAVIER, Thomaz; GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian. Parques eólicos marítimos (offshore) como fronteira energética? Impactos e sinergias com os aspectos socioambientais e a atividade pesqueira no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Energia, v. 29, n. 3, 2023.