

O papel do ecossistema de inovação e a estruturação de um arcabouço regulatório para o mercado de energia eólica *offshore* no Brasil

The role of the innovation ecosystem and the structuring of a regulatory framework for the offshore wind energy market in Brazil

MATHEUS NORONHA¹

matheus@abeeolica.org.br

GABRIELE BENFATTI²

gabriele@abeeolica.org.br

ANDRE THEMOTEO³

andre@abeeolica.org.br

ELBIA GANNOUM⁴

elbia@abeeolica.org.br



MATHEUS NORONHA

Analista Técnico da ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica e Doutorando em Estratégia e Inovação no PPGA, ESPM.

GABRIELE BENFATTI

Analista Técnica da ABEEólica e Engenheira Eletricista.

ANDRE THEMOTEO

Analista Técnico da ABEEólica, Engenheiro de Energia e Mestre em Energia, UFABC.

ELBIA GANNOUM

Presidente Executiva da ABEEólica, Economista e PHD pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Resumo

O presente artigo tem como objetivo apresentar as oportunidades que o Ecossistema de Inovação pode fornecer para a estruturação de um ambiente regulatório que visa promover segurança institucional e resolução dos desafios apresentados pelos principais documentos emitidos por instituições de reconhecimento global. O artigo propõe um ensaio, articulando referenciais de estratégia, inovação e engenharia, subsidiando a academia e o mercado com novas agendas de pesquisa e oportunidades existentes para a estruturação de um ambiente regulatório, a serem aprofundadas em trabalhos futuros. O suporte do Governo, Academia e Mercado, proveniente da triple hélice, impulsiona inovações no âmbito dimensional estratégico, político, regulatório e produtivo, consolidando o desenvolvimento de um arcabouço regulatório em um mercado em desenvolvimento como o brasileiro. Pesquisadores e Indústria devem concentrar-se em investigar o papel da inovação no contexto dos mercados emergentes e visualizando as formas colaborativas de construção de um ambiente regulatório.

Abstract

This paper aims to present the opportunities that the Innovation Ecosystem can provide for the structuring of a regulatory environment that aims to promote institutional security and solve the challenges presented by the main documents issued by globally recognized institutions. Specifically, the paper is a propositional essay, articulating references of strategy and innovation and engineering, subsidizing the academy and the market with new avenues and research agendas, about existing opportunities for structuring a regulatory environment, which need to be deepened in future works. The support from the Government, Academy and Market, coming from the triple helix, drives innovations in the strategic, political, regulatory and productive dimensions, consolidating the development of a regulatory framework in a developing market like the brazilian one. Researchers and Industry should focus on investigating the role of innovation in the context of emerging markets and visualizing collaborative ways to construct a regulatory environment.

Palavras-chave: Ecossistema de Inovação – Energia Eólica Offshore - Inovação – Arcabouço Regulatório – Triple Hélice.



1. Introdução

A discussão sobre mudanças climáticas tem ganhado cada vez mais força e a literatura é enfática em reconhecer seus impactos diretos, seja na área ambiental, social e econômica nas condições de vida humana, e que este problema global pode ser causado e se intensifica com o avanço econômico-industrial desenfreado (Halsnaes & Traerup, 2009). Nesta discussão, as fontes de energias renováveis como a eólica e a solar tem obtido centralidade para contribuição ao debate, fornecendo benefícios via suas características ligadas ao fato de serem limpas, renováveis, e reduzirem a emissão de gases na atmosfera (Tolmasquim, Guerreiro e Gorini, 2007).

Especificamente a fonte de energia eólica tem se destacado em termos estratégicos e de inovação para governos e empresas, apresentando crescimento vertiginoso no contexto global e contribuindo na redução das emissões de carbono (Saidi & Omri, 2020). Segundo o Global Wind Energy Council (GWEC) (Lee e Zhao, 2021), este crescimento alcançou um total de 742 GW de capacidade instalada no mundo em 2020, com destaque para países como China, Estados Unidos, Alemanha, Índia, Brasil e Reino Unido.

Destes 742 GW de capacidade instalada total - 707,4 GW são da fonte eólica *onshore* e 35,3 GW são da fonte eólica *offshore*. O relatório da IRENA (International Renewable Energy Agency) - Renewable Power Generation Costs in 2020 destaca o avanço tecnológico da fonte eólica *offshore* e seu estabelecimento em novos mercados na última década. Ainda sobre a perspectiva dos dados do GWEC (Lee e Zhao, 2021), estima-se que mais de 205 GW de nova capacidade eólica *offshore* serão instalados até 2030.

A eólica *offshore* é considerada uma nova tecnologia no mercado (Musial, Butterfield & Ram, 2006), considerando as perspectivas de crescimento apresentadas por Kitzing & González (2020), bem como as previsões das principais instituições do setor de energia como IEA – International Energy Agency, IRENA e GWEC, é necessário observar alguns desafios que podem servir de aprendizado para diferentes indústrias que buscam estruturar um ambiente regulatório regional de forma sólida, visando a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Nesta perspectiva, os ecossistemas de inovação têm um papel central para balizar os principais caminhos que colaboram com a estruturação de arcabouços regulatórios, pois tem o potencial de articular conhecimentos que podem ser transbordados de indústrias nacionais e internacionais adjacentes para fomentar o avanço da energia eólica *offshore* (Brink e Madsen, 2017).

A fonte eólica *onshore* no Brasil, por ter ganho dinâmica no final da década de 2010, possui uma trajetória razoavelmente consolidada, totalizando cerca de 19,77 GW de capacidade instalada em operação comercial, com 740 parques eólicos no Brasil, sendo a 7ª maior indústria global no setor de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEólica.

A fonte eólica *offshore*, forte candidata a se desenvolver na década atual, envolve dimensões ligadas ao estabelecimento de um arcabouço regulatório, desenvolvimento de cadeia produtiva, bem como da infraestrutura de portos para implantação e O&M dos parques eólicos. Seguindo trajetória similar, e um pouco mais complexa do que a eólica *onshore*. O documento “Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets” do Banco Mundial (WBG – World Bank Group), aponta que estas dimensões podem ser trabalhadas para explorar o potencial do mercado brasileiro.

Adicionalmente, a nota técnica *Roadmap Eólica Offshore – Brasil – Perspectivas e Caminhos para Energia Eólica Marítima*, divulgada pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), evidencia que a existência de um potencial de aproximadamente 700 GW para exploração de eólica *Offshore* em locais com profundidade de até 50 metros. Porém, para que este potencial possa ser explorado, é necessário enfrentar desafios setoriais que podem ser solucionados a partir da inovação e discussão entre o ecossistema que envolve os agentes do setor e a

estruturação de um arcabouço regulatório consistente. Dentre estes desafios estão: custos, pontos de conexão e transmissão, regras de navegação, capacitação, adaptação da indústria nacional até a criação de instrumentos regulatórios para minimizar a incerteza.

Baseado no contexto da eólica *offshore* nacional, o presente artigo tem como objetivo apresentar as oportunidades que o Ecossistema de Inovação pode fornecer para a estruturação de um ambiente regulatório que visa promover segurança institucional e resolução dos desafios apresentados pelos principais documentos emitidos por instituições de reconhecimento global. O artigo propõe um ensaio articulando referenciais de estratégia, inovação e engenharia, subsidiando a academia e o mercado com novas agendas de pesquisa e oportunidades existentes para a estruturação de um ambiente regulatório, a serem aprofundadas em trabalhos futuros.

Para endereçar o objetivo do ensaio, a estrutura do artigo divide-se em seis seções, além da introdução. Estas seções abordam desde os fundamentos básicos da energia eólica *offshore*, seu contexto nacional *onshore* e *offshore* até os fundamentos de Ecossistema de Inovação e oportunidades fornecidas para estruturação de um ambiente regulatório. O trabalho fornece conclusões e uma agenda para o mercado e pesquisadores estressarem, com intuito de corroborar com o desenvolvimento sustentável e global da indústria e meio ambiente.

2. A Energia Eólica *Offshore*

A fonte eólica de energia trata-se de uma fonte de geração de energia elétrica, onde converte-se a energia cinética do vento em energia elétrica (Burton, Jenkins, Sharpe & Bossanyi, 2011). A energia eólica é um recurso renovável e que não emite poluentes na atmosfera no processo de geração. A fonte também proporciona a redução da dependência dos combustíveis fósseis, sendo fundamental para a transição energética e para a descarbonização da economia (Nelson, 2009).

Dado a disponibilidade do recurso do vento, a energia eólica pode ser aproveitada com a construção de parques eólicos *onshore* e *offshore*. A eólica *onshore* consiste na implantação terrestre dos projetos, enquanto a eólica *offshore* consiste na construção de parques em meios marítimos. Entretanto, neste trabalho trataremos do segmento de eólica *offshore* (Burton et al., 2011).

A fonte eólica *Offshore* é uma fonte de energia limpa e renovável que se obtém a partir do movimento dos ventos que sopram em alto-mar, onde se alcança uma maior força/velocidade e o recurso é mais constante devido à inexistência de barreiras sobre o mar (Pérez-Collazo, Greaves & Iglesias, 2015).

Uma das maiores vantagens da geração eólica *offshore* em relação à *onshore* está na possibilidade da instalação de turbinas com maiores capacidades e dimensões, as quais possibilitam também um maior aproveitamento do recurso eólico no oceano (Esteban, Diez, López & Negro, 2011). Dado a característica do recurso eólico mais constante e sem grandes variações, aumenta-se com isso o fator de capacidade – F.C.. O F.C. é o índice que mede o grau de aproveitamento do recurso eólico dos aerogeradores durante sua operação, considerando a capacidade máxima do aerogerador (Burton et al., 2011).

Como todos os processos de geração de energia tem suas vantagens e desvantagens, com a eólica *offshore* não seria diferente. Os impactos das vibrações nas instalações em meios marítimos, emissão de campos eletromagnéticos, altos custos de manutenção, degradação do solo e distúrbios em organismos que habitam fundos marinhos são pontos que precisam de atenção (Bailey, Brookes, e Thompson, 2014). Porém, se pararmos para realizar a comparação entre os pontos positivos e negativos da geração eólica e os efeitos causados no meio ambiente e compararmos com os efeitos de outras fontes, podemos perceber o quão importante a energia eólica tanto *onshore*, quanto *offshore* é para o meio ambiente. No decorrer do trabalho iremos detalhar os processos e dados atuais da energia eólica (Esteban et al., 2011).

2.1. Energia Eólica Offshore no Contexto Global

Segundo o principal relatório global de energia eólica *offshore* do GWEC, no final de 2020 o mundo possuía um total de 35,3 GW de capacidade instalada em eólica *offshore*. Neste levantamento, os países que possuem maior capacidade instalada são Reino Unido (10,20 GW), China (9,99 GW), Alemanha (7,72 GW), Holanda (2,61 GW), Bélgica (2,26 GW), Dinamarca (1,70GW), Suécia (191,2 MW), Coreia do Sul (132,5 MW), Taiwan (128,0 MW) e Vietnã (99,0 MW). É relevante destacar que no final de 2020 foram instalados 6,1 GW de nova capacidade instalada e alguns países como China, Reino Unido, Alemanha, Coreia do Sul, Bélgica, Holanda, Estados Unidos e Portugal lideraram com novas instalações no setor (Gráfico 1).

1. O GWEC indica que 30% deste valor será adicionado nos primeiros cinco anos.

Figura 1: Dados de Globais de Energia Eólica Offshore – Capacidade Instalada e Capacidade Nova

Gráfico 1: Dados Globais de Energia Eólica Offshore – Capacidade Instalada de Eólica Offshore por País

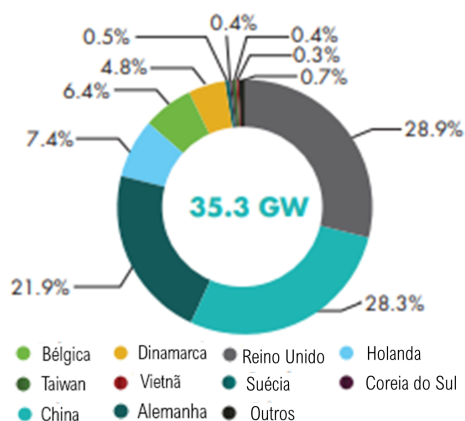
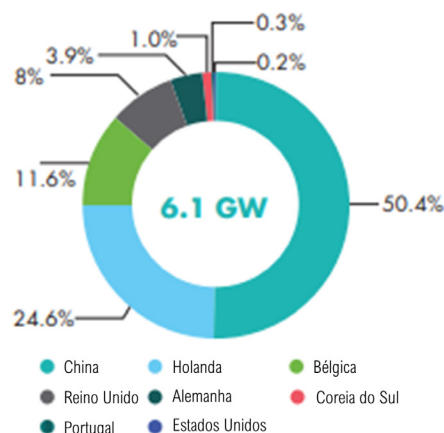


Gráfico 2: Evolução de Nova Capacidade Instalada de Energia Eólica Offshore – Dados Globais



Fonte: Global Wind Energy Council – GWEC: Global *Offshore* Wind Report

Ademais, a nova capacidade instalada de eólica *offshore* cresceu de 2,2 GW em 2016 para 6,1 GW em 2020, saltando de 4% para 7%, em termos de crescimento (Gráfico 2). Apesar do contexto pandêmico, os países como China (3.1 GW), Holanda (1.5 GW), Bélgica (706 MW), Reino Unido (483 MW) e Alemanha (237 MW) foram recordistas em termos de nova capacidade instalada. Ressalta-se ainda o desempenho de novos países no mercado de eólica *offshore* como Coreia do Sul (60 MW) e Estados Unidos (12 MW) (Lee e Zhao, 2021) (Figura 1).

O relatório “*Future of Wind – Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*” da IRENA – International Renewable Energy Agency apresentou cenários em que as fontes eólica e solar representam 70% do abastecimento energético até 2050 e que a eólica *offshore* terá papel central nas discussões climáticas para a descarbonização da matriz energética mundial, transformando de forma inovadora os sistemas elétricos e provendo flexibilidade ao sistema para suprimento de hidrogênio e novas formas de armazenar energia em economias em desenvolvimento. No mesmo documento, a IRENA prevê mais de 2.000 GW de capacidade instalada de eólica *offshore* até 2050, considerando um cenário de redução de 1,5°C.

Ainda seguindo estimativas de projeção, o GWEC estima que 235 GW de nova capacidade de energia eólica *offshore* sejam instalados até o final de 2030, elevando o total de capacidade instalada até 2030 para 270GW¹ (GWEC, 2021). Estas estimativas estão estruturadas com base nas metas estabelecidas por governos para o desenvolvimento da energia eólica *offshore* e o avanço tecnológico que fornece a redução dos custos, angariando a competitividade tecnológica para descarbonização e transição energética das empresas.

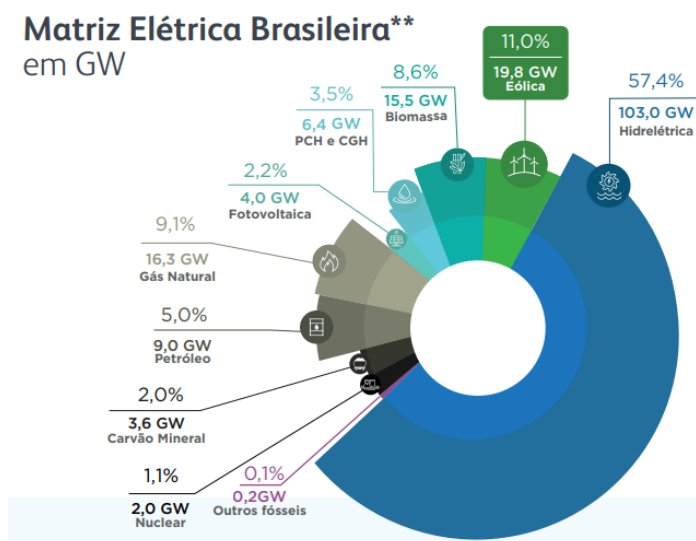
O contexto da energia eólica *offshore* global resume-se por um mercado que cresceu 22% em relação a década passada, acumulando um total de 35,3 GW e contabiliza 5% da energia eólica total e global instalada no final de 2020, apresentando-se como um mercado em pleno desenvolvimento e crescimento. Europa e Ásia são os continentes que se destacam com Reino Unido e China conduzindo a expansão. Por outro lado, o mercado Norte Americano mostra-se em processo de evolução e discussão com novos marcos regulatórios. Países como Coreia do Sul, Vietnã e Taiwan se destacam como mercados exemplo e pilotos para estruturação de arcabouços regulatórios.

3. O contexto brasileiro de energia eólica *onshore*

Antes de aprofundarmos no contexto da eólica *offshore* no Brasil, é relevante apresentar o status contextual e trajetória do mercado de eólica *onshore*, considerando que ambas são tecnologias que utilizam o vento como recurso e fornecem *spillovers* de conhecimento industrial que podem favorecer o seu estabelecimento no mercado (Lako, 2004; Noailly e Shestalova, 2017).

O Brasil é um país que possui grande parte de sua matriz elétrica renovável. Segundo os dados de potência fiscalizada da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, a representatividade divide-se em 83% renovável e 17% não renovável. A matriz é liderada pelas fontes Hidrelétrica, Eólica, Solar, Biomassa, PCH e outras fontes (Figura 2). Os dados mostram que em outubro de 2021, a fonte e eólica *onshore* foi a segunda fonte da matriz elétrica com maior capacidade instalada, indicando 19,8 GW e representando 11,0% da matriz elétrica brasileira

Figura 2: Matriz Elétrica Brasileira – Outubro, 2021

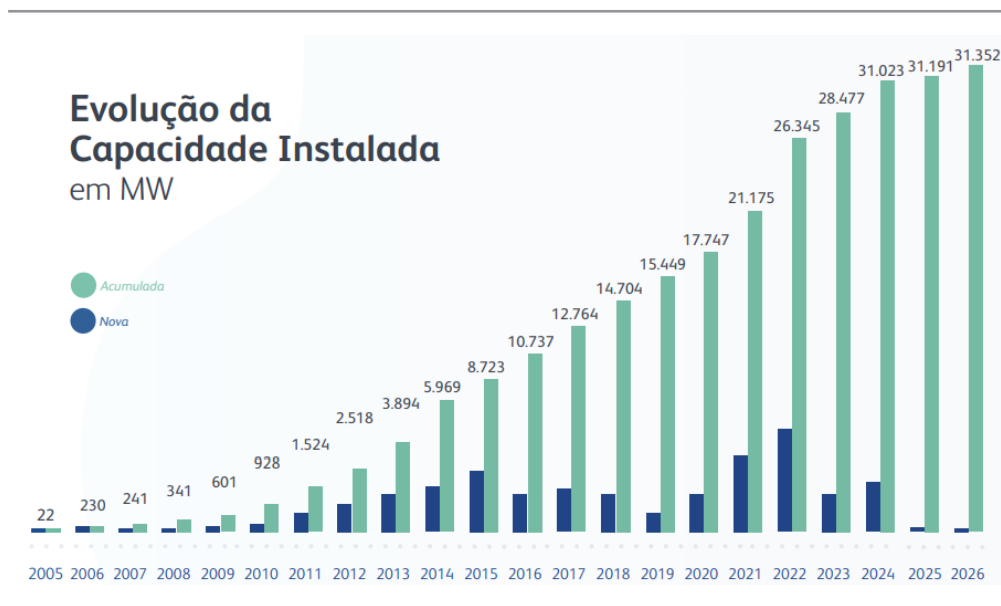


Fonte: Elaborado pela ABEEólica com base na ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

Segundo o Boletim Anual de Geração 2020 da ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica, durante o ano de 2020 foram instalados 2,3 GW de capacidade instalada, aparecendo em terceiro lugar entre os países que mais instalaram em todo o mundo (ABEEólica, 2021a). A evolução da capacidade acumulada e nova de eólica *onshore*, a exploração do fator de capacidade dos ventos brasileiros que reside em 49%, número competitivo, quando comparado com a média mundial – 40%². A evolução da capacidade nova e acumulada pode ser encontrada no gráfico 5, considerando os principais dados obtidos da base de dados *Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA* da ANEEL³.

2. Os dados do fator de capacidade dos países podem ser encontrados no documento “Renewable Power Generation Costs in 2020” da IRENA – International Renewable Energy Agency.

3. Os dados de perspectiva futura do gráfico 4 estão baseados nos contratos viabilizados em certames já realizados no mercado livre. Ressalta-se que novos leilões adicionarão mais capacidade nos próximos anos.

Figura 3: Evolução da Capacidade Instalada por MW

Fonte: Elaborado por ABEEólica com base nos dados da ANEEL

Atualmente no Brasil, já são mais de 740 parques eólicos e mais de 8.734 aerogeradores em operação comercial (ABEEólica, 2021b). Estes parques estão divididos majoritariamente em uma série de estados brasileiros das regiões Nordeste, Sul e Sudeste brasileiro. O estado com maior capacidade instalada é o Rio Grande do Norte com 6.054,4 MW, 200 parques e 2.563 aerogeradores. A Bahia desponta como segundo estado com maior capacidade instalada com 5.261,1 MW, 201 parques e 2.255 aerogeradores. Em terceiro lugar o estado do Ceará com 2.375,1 MW, 91 parques e 1.092 aerogeradores (ABEEólica, 2021b).

No Brasil, a energia eólica *offshore* também colabora com uma série de benefícios socioeconômicos. Segundo o estudo *Impactos Socioeconômicos e Ambientais da Energia Eólica no Brasil* da GO Associados (Oliveira, Curi, Felini & Ficarelli, 2020) a instalação de parques eólicos em diferentes regiões do Brasil contribuiu para o aumento do PIB – Produto Interno Bruto e IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano de determinados municípios. Nos municípios que receberam a instalação de parques eólicos, o PIB real aumentou 21,15% (1999-2017), ao passo que o IDHM cresceu cerca de 20% (2000-2010), considerando fatores de agropecuária, arrendamento e geração de empregos, movimentando a economia local.

Adicionalmente, de acordo com o Infovento 21 da ABEEólica (ABEEólica, 2021b), a energia eólica evitando a emissão de 21,2 milhões de toneladas de CO₂ em 2020. Os parques eólicos não emitem gases, viabilizam capacitação de mão de obra local, permitem a geração de renda via arrendamento de terras e contribui para que o Brasil cumpra as metas climáticas estabelecidas no Acordo de Paris.

4. O contexto brasileiro de energia eólica *offshore*

O potencial eólico *offshore* brasileiro está localizado nas regiões costeiras do Nordeste, Sul e Sudeste brasileiro. A nota técnica da EPE, *Roadmap Eólica Offshore – Perspectiva e Caminhos para Energia Eólica Marítima*, estima que o Brasil possua aproximadamente 700 GW de potencial para exploração da fonte eólica em locais com profundidade com até 50 metros (EPE,2020). Alguns dos principais estados com potencial eólico para aproveitamento e produção de energia eólica são: Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (EPE,2020).

Alguns destes estados já possuem infraestrutura portuária que podem viabilizar e facilitar o processo de desenvolvimento da fonte eólica no país. Ao total, o Brasil possui 37 portos dos quais 11 localizam-se na região Nordeste e 11 na região Sul, já a região Sudeste possui 9 portos (ANTAQ, 2019). Nestes portos consideram-se fatores técnicos ligados aos acessos rodoviários/ferroviários, largura do canal, profundidade, capacidade de manuseio, presença de estaleiros e outros pontos críticos para viabilizar questões de transporte logístico e portuário.

Além da infraestrutura portuária e logística, fatores ligados às linhas de transmissão e pontos de conexão, licenciamento ambiental, fundações e nacionalização da cadeia produtiva devem ser levados em conta (EPE, 2020). O Brasil possui um sistema de transmissão em processo de expansão que precisará contar com o planejamento estratégico governamental para atender as demandas da fonte eólica *offshore*, considerando fatores subaquáticos e manutenção (EPE, 2018). Por outro lado, segundo o estudo “Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil” da ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, grande parte da cadeia produtiva está nacionalizada, todavia, o relatório (ABDI, 2018), demonstra que os efeitos de transbordamento de conhecimento podem colaborar para a rápida adaptação da cadeia produtiva nacional para atendimento de demandas do setor.

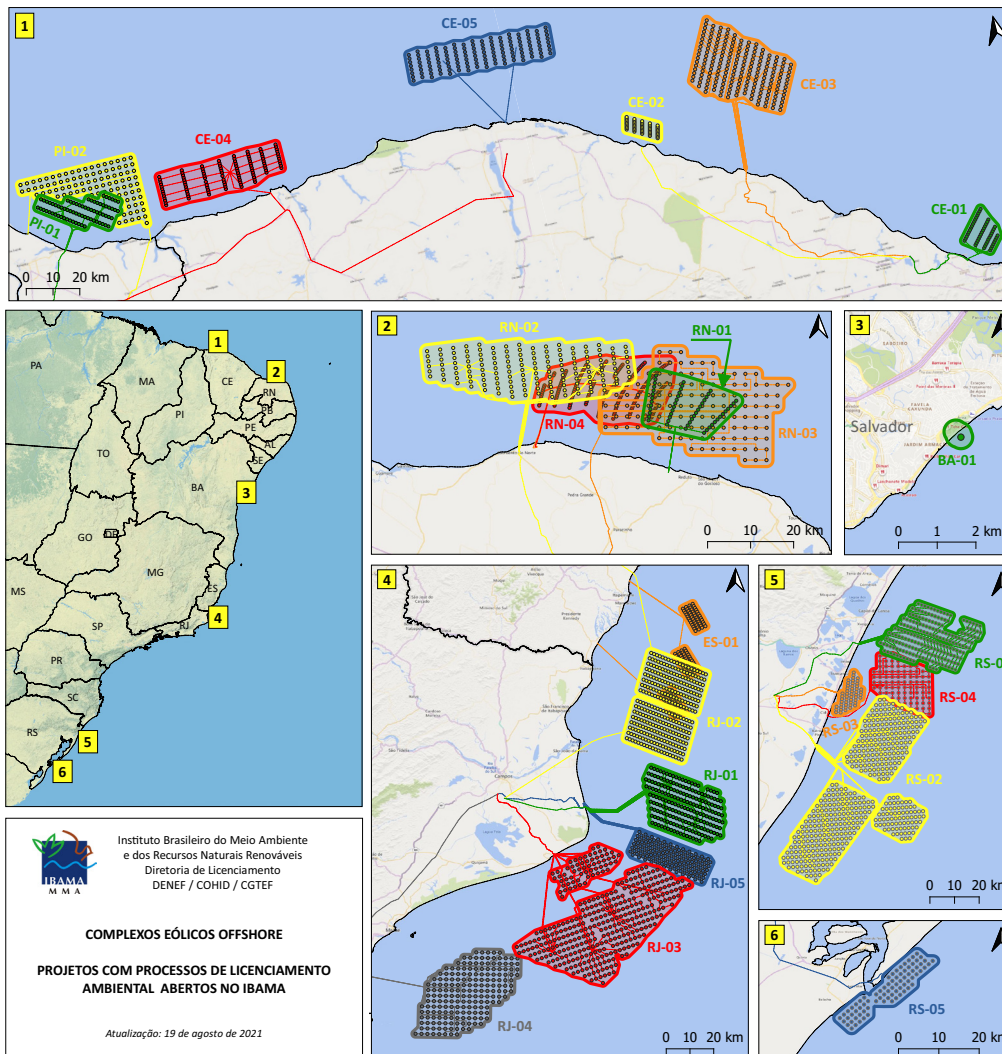
A competitividade e redução dos custos, é essencial para o desenvolvimento da eólica *offshore*. A redução dos custos depende de fatores tecnológicos e de segurança institucional, que garantem competitividade entre a fonte eólica *offshore* no mercado (Pérez-Collazo et al., 2015).

Adicionalmente, o tamanho das turbinas, aliado ao desenvolvimento tecnológico fornecerá margem para aproveitamento do potencial eólico brasileiro (Ackerman & Söder, 2000). Segundo o GWEC (Lee, et al., 2021), o tamanho médio da turbina em projetos eólicos *offshore* aumentou mais de 300% desde o ano 2000, passando de 1,5 MW para 6,5 MW em 2019.

Em relação a questão ambiental, o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, publicou o documento *Termo de Referência – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA – Complexos Eólicos*, apresentando critérios ambientais que devem conter nos estudos de impacto ambiental para atestar a viabilidade de projetos de geração eólica *offshore* (IBAMA, 2020). Este documento fornece segurança na padronização e qualidade dos estudos ambientais, reduzindo incertezas jurídicas e regulatórios, garantindo proteção ambiental e atração de interessados em desenvolver projetos de eólica *offshore* (Gonzáles, Santiso, De Mello e Vasconcelos, 2020).

Ainda no contexto ambiental, segundo o documento “Complexos Eólicos *Offshore* – Projetos com Processos de Licenciamento Ambiental” lançado pelo IBAMA em agosto de 2019 (Vasconcelos, 2019), o Brasil possui mais de 20 projetos eólico *offshore* em processo de licenciamento, contabilizando um total de 46,63 GW a serem desenvolvidos ao longo da costa brasileira. O layout dos projetos em licenciamento pode ser encontrado na Figura 4 (na próxima página).

Figura 4: IBAMA: Complexos Eólicos *Offshore* – Projetos com Processos de Licenciamento Ambiental Abertos no IBAMA



Fonte: IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Contudo, para que estes projetos sejam viabilizados, um arcabouço regulatório necessita ser desenvolvido e para isso, alguns projetos de lei desenvolvidos por iniciativas políticas tramitam na Câmara dos Deputados e Senado. Estes projetos de lei são: PL Nº 484/2017, PL Nº 576/2021 e PL Nº 3655/2021. Estes projetos de lei objetivam a criação de um arcabouço regulatório com foco em detalhes específicos relacionados à outorgas de autorização, delimitação de prismas energéticos e participações governamentais, visando apresentar instrumentos legais para a criação de um arcabouço regulatório. Além dos dispositivos legais via PLs apresentados na Câmara e Senado, especula-se a criação de um decreto governamental para acelerar o desenvolvimento do arcabouço regulatório nacional (Chiappini, 2021).

4.1. Desafios e Oportunidades para o setor eólico *offshore* brasileiro

A estruturação de um arcabouço regulatório para o mercado de energia eólica *offshore* no Brasil está diretamente ligada aos desafios e oportunidades do ambiente institucional (Gonzales et. al, 2020). Estes desafios necessitam ser encarados como oportunidades para o desenvolvimento de um ambiente institucional sólido para que investidores possam contribuir com o avanço e desenvolvimento da fonte eólica no país (Junqueira, Robaina, Garrido, Godina e Matias, 2021).

Gonzales et. al (2020) e EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2020), apontam em seus estudos os principais desafios do setor de energia eólica *offshore* no mercado brasileiro, segundo os estudos estes desafios podem ser minimizados estrategicamente com a criação de um ambiente regulatório sólido, fornecendo transparência para os investidores e instituições governamentais, considerando que a fonte é uma tecnologia inovadora em pleno desenvolvimento e consolidação. Estes desafios são:

- Incertezas normativas e regulatórias;
- Competitividade;
- Revisão das regras de segurança e navegação, bem como sinalização;
- Avaliação da expansão do sistema de transmissão;
- Adequação nas licenças ambientais;
- Avaliação de conflitos socioeconômicos;
- Nacionalização da cadeia produtiva;
- Adaptação da infraestrutura portuária;
- Capacitação e treinamento;
- Medições e aperfeiçoamento nas técnicas de medição anemométrica;
- Busca por outros instrumentos de gestão ambiental.

Além dos desafios, o documento “*Offshore Wind Investment Guide*” desenvolvido pelo governo Britânico em parceria com a instituição FGV – Fundação Getúlio Vargas e a consultoria Adam Smith (Smith et al., 2021), identificou algumas oportunidades do setor de energia eólica *offshore* que podem fornecer ao investidor, instituições governamentais e outros agentes envolvidos do setor, novos caminhos para o desenvolvimento de negócios. Nos *bulletpoints* abaixo alguns dos principais desafios identificados pelo documento e que fazem parte da cadeia de valor do setor de eólica *offshore* em pleno desenvolvimento no Brasil. Estas oportunidades dividem-se em dimensões ligadas ao Planejamento, Aquisição e Fabricação, Instalação e Comissionamento, Operação e Manutenção e Descomissionamento⁴.

Dimensão de Planejamento

- **Prospecção de Áreas:** Identificação e seleção de áreas; Serviços topográficos e de sondagem; Suporte para análise fundiária; Contratos para arrendamento de terrenos e permissões; Estudos de conexão à rede de transmissão.
- **Estudos de Viabilidade:** Revisão de restrições; Projeto conceitual do parque eólico; Mapeamento / medição do vento; Medição de potência; Análise energética – estimativa de produção; Análise financeira; Revisão da conexão à rede; Avaliação de incertezas.
- **Desenvolvimento do projeto:** Elaboração de estudos de impacto ambiental e social; Monitoramento do vento; Elaboração de projeto básico / layout; Avaliação das condições do site e rendimento energético; Suporte para conexão à rede; Suporte para seleção do aerogerador; Elaboração de projeto construtivo; Processos técnicos e legais junto a ANEEL; Licenciamento e registro do projeto.

Dimensão de Aquisição e Fabricação

Turbinas

- **Naceles - itens:** base de apoio, rolamento principal eixo principal, caixa principal, caixa de engrenagens, gerador, tomada de força, sistema de controle, sistema de guinada rolamento de guinada; sistemas auxiliares da nacele; tampa da nacele; pequenos componentes de engenharia, fixadores estruturais, sistema de monitoramento de condição.
- **Rotor – itens:** pás, fundição do cubo; rolamentos das pás, sistema de passo; *spinner*, sistemas auxiliares do rotor; componentes de aço fabricados, fecho estrutural.
- **Torre – itens:** aço (placa de aço, flanges de aço, acabamento superficial), internos da torre (acesso de pessoal e equipamento de sobrevivência, amortecedor sintonizado, sistema elétrico, iluminação interna da torre e revestimentos).

4. As dimensões apresentadas são fontes do BEP – Brazilian Energy Programme e foram transcritas seguindo a formatação. O documento *Offshore Wind Investment Guide* é um documento público e permite a replicabilidade em pesquisas científicas e fins comerciais. Vide a página 3 do documento.

- **Fundação da turbina - itens:** monopile, revestimento; peça de transição; Proteção contra corrosão; Proteção contra abrasão.

BOP – Balance of Plant

- **Array cable - Itens:** Condutor Isolador Tela elétrica Cabo de fibra ótica Proteção mecânica e química.
- **Cabos** - cabos de exportação; cabo *array*; proteção do cabo.
- **Proteção de cabo - Itens:** vedações de tubo em j; restritores de dobra, reforços de dobra, colchões de cabos, colocação de rochas.
- **Fundação da turbina – Itens:** monopile, revestimento, peça de transição, proteção contra corrosão, proteção contra abrasão.
- **Subestação offshore - Itens:** sistema elétrico, instalações, estrutura, edifícios, acesso e segurança.
- **Bases de operações - Itens:** armazéns, navio-oficina, beliches e painéis laterais.

Dimensão Instalação e Comissionamento

- **Pré – Construção:** Realização de leilões de contratação e aquisição; Elaboração/revisão do projeto elétrico e civil; Gestão da conexão com a rede; Avaliação do rendimento energético formal; *Due diligence* técnica.
- **Construção e montagem:** Gestão do projeto/execução; Coordenação e supervisão do trabalho; Transporte dos módulos do aerogerador; Engenharia e gestão do trânsito de grandes cargas; Movimentação de cargas; Construção e montagem local; Monitoramento da construção; Inspeções e auditorias; Engenharia do proprietário; EPC elétrico; EPC civil; Elevação e montagem eletromecânica; Comissionamento e *start-up*; Vigilância ambiental da obra.

Dimensão de Operação e Manutenção

- Operação do parque; Serviços de controle integrado e monitoramento remoto; Equilíbrio de manutenção e serviço da planta; Manutenção e serviço das turbinas; Grandes reparações de aerogeradores; *Retrofitting* de aerogeradores; Manutenção e reparação de pás; Inspeção e reparo de cabos; Reforma, substituição e reparo de componentes; Inspeção da base e reparação; Análise e desempenho da produção; Análise da disponibilidade; Medições e controle de grandezas elétricas; Medições acústicas; Medições de curva de potência; Inspeção e manutenção preventiva e corretiva; Diagnóstico de falhas; Auditoria de qualidade e segurança; Veículo aéreo não tripulado e veículo operado remotamente; Manutenção e serviço da subestação.

Dimensão de Descomissionamento

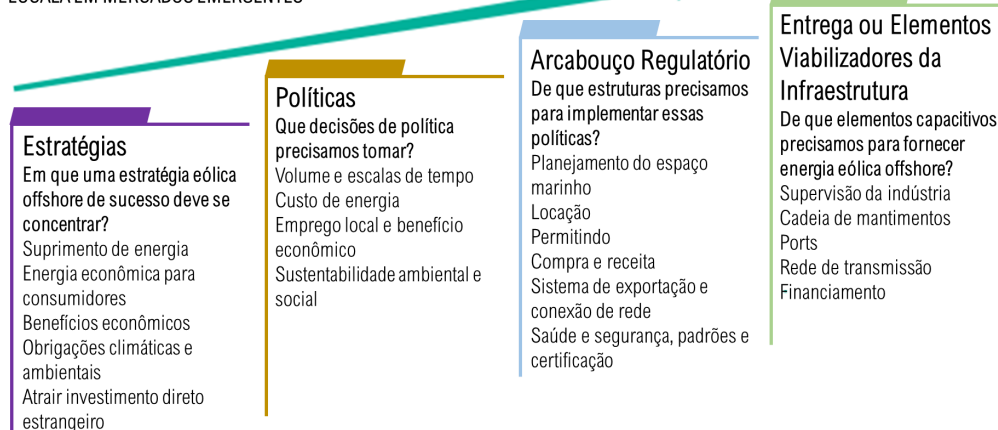
- **Desconstrução, remoção e reciclagem:** Porto de apoio; Embarcações de apoio; Acomodações *offshore*; Movimentação de grandes cargas; Destinação final dos resíduos.
- **Descomissionamento:** Descomissionamento da turbina; Descomissionamento da fundação; Descomissionamento do cabo; Descomissionamento da subestação; Porta de descomissionamento; Reutilização, reciclagem ou descarte.

O World Bank Group aponta em seu estudo “Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets” que os fatores de sucesso para enfrentar os desafios nos mercados emergentes se dividem em quatro principais dimensões: (a) *Estratégias*; (b) *Políticas*; (c) *Arcabouço Regulatório* e (d) *Entrega ou Elementos Viabilizadores da Infraestrutura*. A dimensão de (a) *Estratégia* diz respeito às questões ligadas ao suprimento de energia, benefícios econômicos, obrigações climáticas e ambientais e atração de investimento direto estrangeiro. A dimensão (b) *Política* trata das decisões políticas para viabilizar os projetos *offshore*, que devem considerar custo da energia, tempo e planejamento dos projetos, geração de empregos e benefícios socioeconômicos e sustentabilidade socioambiental. Já a dimensão de (c) *Arcabouço Regulatório*, está ligada às questões de permissão, formação

de prismas energéticos, participações governamentais, conexões a rede, certificações de capacitação e saúde e segurança. E a (d) *Entrega ou Elementos Viabilizadores da Infraestrutura* está relacionada ao que é necessário em termos de infraestrutura para viabilizar os projetos *offshore*, considerando cadeias produtivas, portos, transmissão e financiamento como eixos centrais.

Figura 5: Dimensões de aplicação bem-sucedida em mercados emergentes para desenvolvimento da eólica *offshore*

IMPLEMENTAÇÃO BEM-SUCEDIDA DE LONGO PRAZO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE EM ESCALA EM MERCADOS EMERGENTES



Fonte: World Bank Group - Key Factors for Successful Development of *Offshore* Wind in Emerging Markets – Traduzido pelos autores

Os desafios (EPE, 2020), oportunidades (Smith et al., 2021) e dimensões para sucesso de mercados emergentes (Kota, Bayne e Nimmagadda, 2015) estão concomitantemente ligadas à estruturação de um arcabouço regulatório para uma nova tecnologia que visa inovar não só a matriz elétrica dos países, mas também proporcionar novas demandas estruturais em termos de infraestrutura, causando efeitos multiplicadores da economia e *spillovers* industriais para o desenvolvimento da economia nacional. Ademais, a inovação via os agentes e ecossistema existente tem um papel relevante fornecendo contribuições para o desenvolvimento deste arcabouço. Visualizando este contexto, o presente ensaio articula o fundamento de um ecossistema de inovação na seção posterior para organizar as oportunidades e desafios sobre o *framework* estabelecido pelo Banco Mundial, visando colaborar com a criação de um arcabouço regulatório estruturado, inovador e colaborativo para o contexto brasileiro.

5. O Ecossistema de Inovação

Antes de aprofundar nos detalhes conceituais do Ecossistema de Inovação, partimos das premissas de Schumpeter (2017) de inovação (Hagedoorn, 1993): inovação é a introdução comercial de um novo produto ou até mesmo a combinação de algum elemento existente, fornecidos a partir de uma invenção que pertença aos campos da ciência e tecnologia. A introdução de inovação no sistema econômico pode ser compreendida como um ato empreendedor (Hagedoorn, 1993; Lazzarotti, Samir e Hoffmann, 2011) – sendo a implementação de um novo insumo produtivo, matéria-prima, nova forma de produção, serviços ou até o rompimento de algum monopólio de mercado.

O conceito de “*Destruição Criativa*” é estressado por Schumpeter (1942) para exemplificar um processo em que as inovações substituem tecnologias antigas ou ultrapassadas. Os efeitos de desenvolvimento tecnológico fornecem novos paradigmas para estruturação capitalista, impulsionando agentes produtivos do ecossistema de negócios a criarem atividades

empreendedoras motivados pela perspectiva de mudança e inovação (Aghion, Antonin e Bunel, 2021; Dasgupt e Hart, 2017).

Ao observarmos o Ecossistema de Inovação, nos deparamos com o conceito proveniente da biologia, relacionado ao conjunto de componentes bióticos e espécies que formam um sistema comum para interação e sobrevivência (Oh, Philips, Park e Lee, 2016). O Ecossistema de Inovação, no mundo dos negócios assemelha-se ao conceito biológico, considerando membros integrados de um sistema capitalista para geração de inovação empresarial, incluindo agentes como: investidores, universidades, governo, empreendedores, mídia, associações, empresas e espaços de trabalho. O Ecossistema de Inovação é formado por agente econômicos, essenciais para a geração de inovação, onde cada um desempenha papéis específicos para criação de valor, convertendo ideias em soluções (Koslosky, Moura & Gauthier, 2015).

O Ecossistema de Inovação tem como principal característica operar como uma rede sistêmica com agentes de múltiplos setores da economia, visualizando a realização de trocas para fomentar o desenvolvimento de conhecimento (Carayannes e Campbell, 2009). Os agentes realizam sua organização de forma interativa nos ecossistemas com princípios de redes interdependentes entre organizações corporativas, promovendo uma cultura inovadora para impulsionar a competitividade e coopeitividade das empresas e instituições de pesquisa (Bacon, William e Davies, 2020). A competição e coopeitção estabelecida colaboram para solidificação de ambiente institucional para gerar fluxos de conhecimento e tecnologia entre universidades e centros de pesquisa (Spena, Trequa e Bifulco, 2016; Bacon et al., 2020).

Baseado nas características do Ecossistema de Inovação, o envolvimento integrado dos agentes deve visualizar o avanço tecnológico industrial (Adner e Kapoor, 2016; Oh et al., 2016). Os recursos mobilizados têm como premissa o foco para inovação em diferentes níveis organizacionais, visualizando o lucro de forma progressista e benéfica para o ambiente de negócios que envolve as organizações. O compartilhamento de ideias para direcionar investimentos é estruturado colaborativamente, com base nos papéis estabelecidos por cada agente que envolvido no setor (Brink, 2017a; Spena et al., 2016).

Para enquadrar as taxonomias de “Inovação” e “Ecossistema de Inovação” adotadas neste ensaio, o presente artigo utiliza o conceito de *triple* hélice como fomentador do desenvolvimento de inovação para a estruturação de um arcabouço regulatório consistente e colaborativo no setor de energia eólica *offshore* no Brasil (Brink e Madsen, 2017; Brink, 2017a; Brink, 2017b). O conceito de *triple* hélices provém da literatura seminal que divide os atores em: governo, academia e empresas (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000; Leydesdorff e Etzkowitz, 1996). Nesta abordagem (a) o governo é responsável pela criação de políticas públicas, leis, incentivos e diretrizes para inovação além de representar a atuação do poder público no ecossistema. A (b) academia fica incumbida de realizar as pesquisas que serão base para a produção da inovação e as (c) empresas e organizações fomentam o mercado com inovações industriais e trocas mercantis.

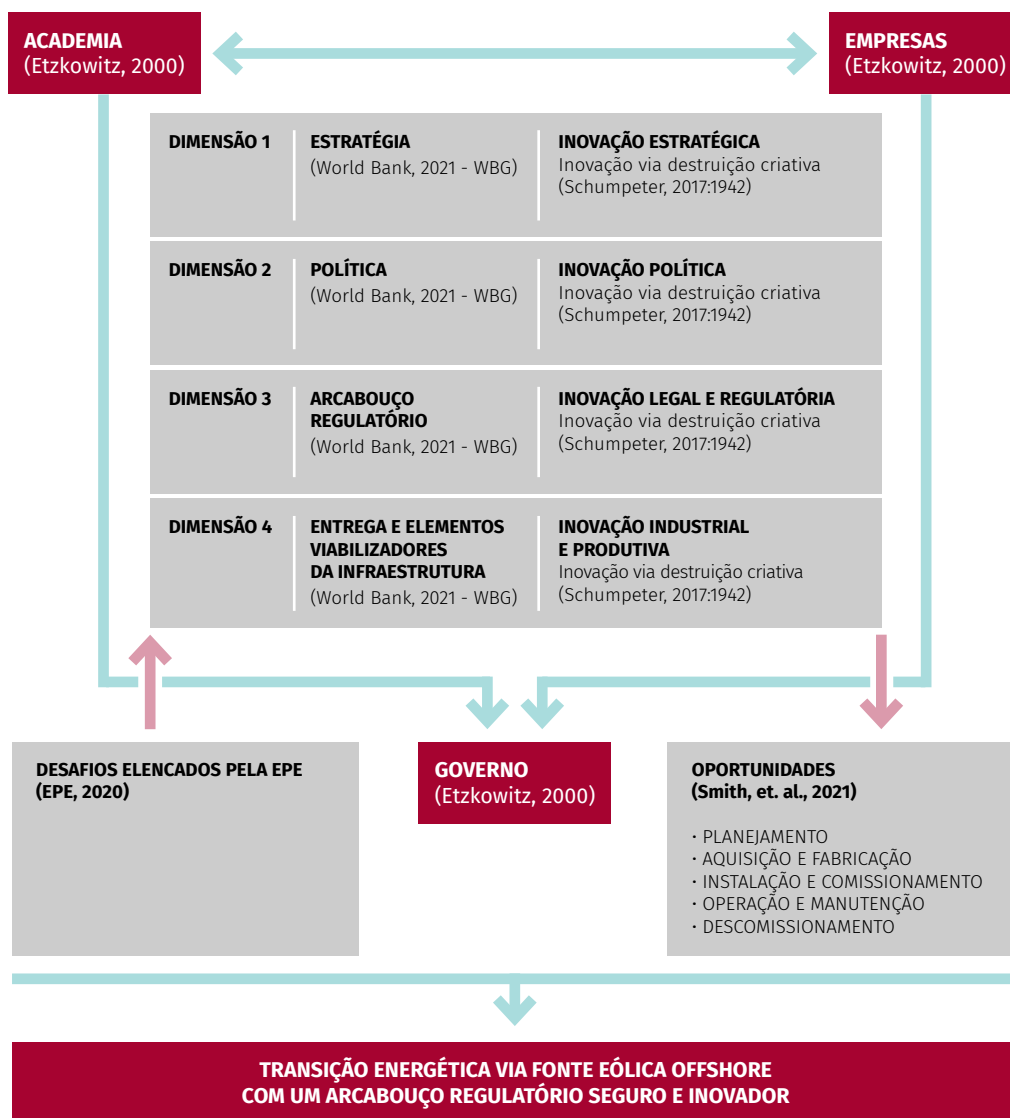
Esta abordagem tríplex atua de forma integrada visualizando as inovações e políticas de inovação, desenvolvimento econômico e social, desenvolvimento de capacidades e competências empresariais, geração de emprego e renda, criação de novas soluções e empresas no mercado até mesmo educação empreendedora (Brink e Madsen, 2017; Carvalho, Viana e Mantovini, 2016). Especificamente, o estudo de Brink (2017b) explora os fundamentos da *triple* hélice e a estruturação do ecossistema de inovação para o setor de energia eólica *offshore* no contexto Dinamarquês. Este ensaio procura seguir as premissas de Brink (2017b) no contexto brasileiro, aliado aos instrumentos de inovação, ecossistema de inovação e matrizes para geração de novos negócios econômicos, estabelecidas pelas principais instituições de reconhecimento global (*World Bank Group*, EPE, Governo Britânico, IRENA) e pesquisas reconhecidas na literatura científica.

6. Oportunidades do Ecosistema de Inovação para a estruturação de um arcabouço regulatório

Na perspectiva dos fundamentos de Ecosistema de Inovação, Energia Eólica *Offshore* e seu contexto apresentados ao longo deste ensaio, o Ecosistema de Inovação operando de forma integrada com os agentes poderia oferecer oportunidades colaborativas e inovadoras dos agentes para o desenvolvimento de um ambiente e arcabouço regulatório que transmita segurança e competitividade para esta fonte de energia, cobrindo desafios e oportunidades apresentados pelos principais estudos sobre a situação atual e potencial no Brasil.

Para ilustrar as oportunidades e como o Ecosistema de Inovação pode promover segurança institucional, visando a resolução dos desafios setoriais apresentados ao longo da literatura, o ensaio propõem uma ferramenta de análise (Figura 3) que organiza os fundamentos da *Triple Hélice (Ecosistema de Inovação)*, *Inovação*, *Dimensões de Sucesso para Mercados Emergentes* do WBG e as oportunidades e desafios que têm sido endereçados pela indústria, propondo novos caminhos para indústria e para os pesquisadores que visam avançar com investigações sobre inovação e estratégias para estruturação de um arcabouço regulatório no setor de energia eólica *offshore* do Brasil e em outros países emergentes.

Figura 6: Ferramenta de Análise do Ecosistema de Inovação e o seu papel para o desenvolvimento do arcabouço regulatório.



Fonte: Elaborado pelos Autores

O modelo apresentado na Figura 6 ilustra que para o desenvolvimento de um arcabouço regulatório seguro e inovador, a inovação deve ocorrer em diferentes dimensões do modelo apresentado pelo WBG, estas dimensões são (1) *Inovação Estratégica*; (2) *Inovação Política*; (3) *Inovação Legal e Regulatória* e (4) *Inovação Industrial e Produtiva*. Esta inovação ocorre por meio da destruição criativa visando a modernização dos setores elétricos de mercados em desenvolvimento e considerando uma nova tecnologia (*offshore*), substituindo gradativamente fontes poluidoras de óleo e gás (Kota et al., 2015). As dimensões da inovação são orquestradas mutuamente pelo Ecossistema de Inovação via pela *Triple Hélice* que fomenta o debate para resolução de desafios e oportunidades. Os desafios e oportunidades são resolvidos por meio de inovação agregadas via dimensões do modelo do WBG, considerando a interação ativa dos agentes da *Triple Hélice*. O atendimento de desafios e oportunidades está ligado à geração de novos negócios em um ambiente institucional favorável para os investidores e seguro do ponto de vista regulatório e industrial, atraindo novos investidores e proporcionando segurança para o governo a longo prazo no que diz respeito à licitações, cessões de área e outros tipos de autorização relacionadas à exploração do potencial eólico *offshore* na região.

O *output* da inovação ocorrendo nas dimensões do modelo do WBG é um resultado fornecido por este ensaio com base na articulação conceitual entre Ecossistemas de Inovação, Energia Eólica *Offshore* e estudos de potencial desenvolvidos pela indústria e instituições. Abaixo a explicação da inovação nas dimensões apresentadas no modelo da Figura 6:

- **Inovação Estratégica:** A inovação estratégica deve garantir que os recursos naturais sejam explorados de forma eficiente e sustentável, considerando segurança e suprimento energético – As inovações precisam ocorrer de forma multilateral e instigadas pela indústria sobre perspectivas científicas que indicam a necessidade de explorar novas soluções do ponto de vista: climático e ambiental, atração de investidores estrangeiros, acesso a energia limpa e barata. A inovação estratégica é a base sólida para o governo alinhar seus objetivos e perspectiva de crescimento da fonte eólica *offshore* e possui um papel fundamental para o planejamento do sistema interligado. As matrizes elétricas e a substituição de fontes não renováveis por renováveis, cria um processo de destruição criativa que deve estar alinhado as demandas de planejamento sistêmico dos agentes do *triple hélice* – principalmente o governo.
- **Inovação Política:** A inovação política, além de estar ligada à inovação estratégica possui um caráter fundamental no que diz respeito as autorizações para exploração marítima. Esse tipo de inovação está ligado ao conhecimento dos ambientes regulatórios internacionais e casos de sucesso apresentados pelas principais instituições globais. A inovação política pode ser praticada por meio de um posicionamento estratégico do governo, considerando características da sua matriz energética, levando em conta: competitividade, benefícios socioambientais e econômicos, conteúdo local, oportunidades para novos negócios e desenvolvimento macroeconômico e segurança e suprimento energético. As empresas devem construir de forma colaborativa um canal com o governo e apresentar os desafios e oportunidades relacionados a implementação de uma nova tecnologia de energia renovável.
- **Inovação Legal e Regulatória:** A inovação política pode ser praticada por meio de leis, decretos, projetos de lei e aprimoramentos em resoluções normativas e devem considerar: órgãos competentes, licenças, autorizações, outorgas, pontos de cesso e conexão para exportação da energia e critérios de estudo para viabilidade econômica e ambiental de projetos. As inovações para o ambiente legal e regulatório, precisam ser operacionalizadas de forma multilateral entre instituições governamentais, empresas e acadêmica, levando em conta desafios. Criar novos processos e aprimorar regulações existentes, pode fornecer celeridade, ao passo que instrumentos como decretos governamentais tem a possibilidade de fornecer segurança para os investidores. A inovação legal está ligada ao enquadramento do contexto, utilizando referências de mercados já maduros como Reino Unido, Dinamarca, Bélgica e Alemanha. O Ecossistema de Inovação deve interagir em prol da competição e colaboração, transferindo conhecimento entre os agentes e permitindo criar uma regulação em que força as bases de autorização e licença para os diferentes órgãos, alocando de forma segura o risco para os investidores e os impactos ambientais.

• **Inovação Industrial e Produtiva:** A inovação industrial está ligada à utilização de novos componentes, aumento da capacidade das turbinas, implementação de novos processos, digitalização e utilização de tecnologias não convencionais durante o processo produtivo. Estas inovações colaboram desde a redução de custos e aumento de competitividade até a fabricação em escala de determinados itens. A inovação industrial apoia em desafios e oportunidades ligados à operação e manutenção, comissionamento e descomissionamento até mesmo ao planejamento relacionado à nacionalização da cadeia produtiva. As inovações tecnológicas, acompanham a característica da fonte eólica *offshore* e podem ser atrativos para financiamento internacional. Ressalta-se o papel da infraestrutura portuária e transmissão que são desafios a serem endereçados pelos agentes do ecossistema de inovação. A destruição criativa exerce um papel fundamental na adoção de novas fundações e tecnologias de turbinas flutuantes, bem como as mais diversas soluções endereçadas por *startups* e outros modelos de organização do setor de energia.

7. Conclusões

A inovação praticada em diferentes dimensões do modelo do WBG dentro do setor de energia eólica *offshore* é fundamental para avançar com o arcabouço regulatório, pois permite explorar conhecimentos dos agentes que envolvem os eixos da *triple hélice*. Os agentes do ecossistema de inovação precisam trabalhar de forma integrada para prover inovações que solidificaram o arcabouço regulatório brasileiro para o desenvolvimento da fonte eólica *offshore* e transição energética.

Além disso, o arcabouço regulatório tende a fornecer bases para a transição energética que necessita da implementação de tecnologias limpas para descarbonização da matriz elétrica, a qual pode trazer desdobramento a fonte eólica *offshore*. Dentre as novas e limpas tecnologias que se encontram em discussão e desenvolvimento estão: a produção de hidrogênio, o armazenamento e as turbinas flutuantes. Neste sentido, o processo de destruição criativa é realizado de forma colaborativa entre os agentes do ecossistema de inovação, proporcionando segurança para o ambiente institucional.

A partir da estruturação da Figura 6 e articulação dos fundamentos teóricos explorados, sugere-se uma agenda de pesquisas e atuação no mercado, com proposições que visam estressar oportunidades para o desenvolvimento do arcabouço regulatório utilizando os agentes econômicos como principal vetor para o desenvolvimento do mercado brasileiro e outros mercados emergentes:

- Identificar quais os drivers propulsores da inovação estratégica no setor de eólica *offshore* e o papel específico de cada um dos agentes relacionadas aos pontos da *triple hélice*;
- Estimular interação entre os agentes do *triple hélice* para o desenvolvimento de novas políticas energéticas que consideram a fonte eólica *offshore*, avaliando como os agentes empresas e instituições podem fornecer proposições aos planos governamentais;
- Mapear os dispositivos legais existentes e sua potencialidade de aprimoramento e complementariedade para criação de um arcabouço regulatório consistente. Devem ser considerados os aprimoramentos, projetos de lei e decretos que podem fornecer competitividade e endereçar desafios e oportunidades;
- Engajar o Ecossistema de Inovação para formação de redes colaborativa nos processos de consulta pública para estruturar o ambiente regulatório, com finalidade de reduzir incertezas e riscos institucionais;
- Investigar formas de reduzir os custos produtivos, fornecendo espaço para soluções provenientes de empresas em fase inicial e colaborando para desenvolvimento de questões de infraestrutura;
- Fornecer bases para a consolidação de cadeias produtivas e políticas de conteúdo local por meio de inovações em novas formas de financiamento ou atração de investimento direto estrangeiro;

Os pontos mencionados acima fornecem caminhos que devem ser estressados por pesquisadores e são tomados como base na literatura existente, visualizando o ecossistema de inovação como impulsionador no desenvolvimento do arcabouço regulatório brasileiro. Além da *triple* hélice, os autores devem explorar diferentes abordagens para o Ecossistema de Inovação ou até mesmo para as denominações de inovação apresentadas neste artigo. Destaca-se que com o desdobramento das inovações tecnológicas nos diferentes campos da indústria e empreendedorismo, o modelo de *triple* hélice vem evoluindo e incluindo fatores como: sociedade, meio ambiente, associações e outros atores que compõem um novo conjunto para o ecossistema de inovação e podem ser bem detalhados em pesquisas empíricas (Carayannis e Campbell, 2009;2010). Sugere-se para que os pesquisadores realizem entrevistas semiestruturadas com diferentes agentes do ecossistema de inovação para validar as inovações presentes em cada uma das dimensões trabalhadas neste artigo e fornecer novos *outputs* para a ciência e indústria da energia eólica *offshore* no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2018). Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil (Vol 6.1). São Paulo.

ABEEólica, Associação Brasileira de Energia Eólica. (2021a). Boletim anual – Dados 2020. (Vol. 20). São Paulo: Agência 424.

ABEEólica, Associação Brasileira de Energia Eólica. (2021b). InfoVento 22 – Energia eólica, os bons ventos do Brasil. (Vol. 22). São Paulo: Agência 424.

Ackermann, T., & Söder, L. (2000). Tecnologia de energia eólica e estado atual: uma revisão. Revisões de energias renováveis e sustentáveis, 4 (4), 315-374.

Smith, A; Carbon, Limiting Technologies; Hubz; Instituto 17; FGV, Fundação Getulio Vargas. (2021). Brazil Energy Programme: Offshore Wind Investment Guide. (Vol. 1). 1-140

Adner, R., & Kapoor, R. (2016). *Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves*. *Strategic management journal*, 37(4), 625-648.

Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2021). *The Power of Creative Destruction*. Harvard University Press.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Portos brasileiros. 2019. Disponível em: <<http://observatorioantaq.info/index.php/category/portos-brasileiros/>>. Acessado em: 10/11/2021.

Bacon, E., Williams, M. D., & Davies, G. (2020). *Coopetition in innovation ecosystems: A comparative analysis of knowledge transfer configurations*. *Journal of Business Research*, 115, 307-316.

Bailey, H., Brookes, K. L., & Thompson, P. M. (2014). *Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future*. *Aquatic biosystems*.

Brink, T., & Madsen, S. O. (2016). *The triple helix frame for small-and medium-sized enterprises for innovation and development of offshore wind energy*. *Triple Helix*, 3(1), 1-23.

Brink, T. (2017). *Innovation collaboration in the renewable offshore wind energy sector*. *International Journal of Energy Sector Management*.

Brink, T. (2017). *Organising for innovation in regional innovation systems: from fragmented innovation ecosystems to the joint aim for competitiveness of offshore wind energy*. *Triple Helix*, 4(1), 1-18.

Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., & Bossanyi, E. (2011). *Wind energy handbook*. John Wiley & Sons.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2009). *'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem*. *International journal of technology management*.

Carvalho, L. M. C., Viana, A. B. N., & Mantovani, D. M. N. (2016). O papel da FAPESP no ecossistema empreendedor do Estado de São Paulo. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*, 7(1).

Chiappini, Gabriel (2021). Governo estuda criar leilão de áreas para eólica offshore.

Dasgupta, P., & Hart, S. L. (2017). *Creating an innovation ecosystem for inclusive and sustainable business*. In *Base of the Pyramid 3.0* (pp. 96-108). Routledge.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2020). *Rodmap Eólica Offshore Brasil – Perspectiva e caminhos para a energia eólica marítima 2020, 1ª edição*. São Paulo

Esteban, M. D., Díez, J. J., López, J. S., & Negro, V. (2011). *Why offshore wind energy*. *Renewable Energy*, 36(2), 444-450.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). *The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations*. *Research policy*, 29(2), 109-123.

González, M. O. A., Santiso, A. M., de Melo, D. C., & de Vasconcelos, R. M. (2020). *Regulation for offshore wind power development in Brazil*. *Energy Policy*, 145, 111756.

Hagedoorn, J. (1996). *Innovation and entrepreneurship: Schumpeter revisited*. *Industrial and corporate change*, 5(3), 883-896.

Halsnæs, K., & Trærup, S. (2009). *Development and climate change: a mainstreaming approach for assessing economic, social, and environmental impacts of adaptation measures*. *Environmental management*, 43(5), 765-778.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2020). *Termo de referência Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA: complexos eólicos marítimos (offshore)*. Brasília/DF.

Joseph, A. (1942). *Schumpeter, Capitalism, socialism, and democracy*. Nueva York.

Junqueira, H., Robaina, M., Garrido, S., Godina, R., & Matias, J. C. (2021). *Viability of creating an offshore wind energy cluster: A case study*. *Applied Sciences*, 11(1), 308.

Kitzing, L., & González, M. G. (2020). *Market arrangements for offshore wind energy networks*. *Tech. rep.*

Koslosky, M. A. N., de Moura Speroni, R., & Gauthier, O. (2015). *Ecosistemas de inovação—Uma revisão sistemática da literatura*. *Revista ESPACIOS* | Vol. 36 (Nº 03) Año 2015.

Kota, S., Bayne, S. B., & Nimmagadda, S. (2015). *Offshore wind energy: a comparative analysis of UK, USA and India*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 685-

Lako, P. (2004). *Spillover effects from wind power. Case study in the framework of the project Spillovers of climate policy*.

Lazarrotti, F., Samir Dalfovo, M., & Emil Hoffmann, V. (2011). *A bibliometric study of innovation based on Schumpeter*. *Journal of technology management & innovation*.

Lee, J., & Zhao, F. (2021). *Global Offshore Wind Report 2021 (Vol. 1-3)*. Brussels: Global Wind Energy Council – GWEC

Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). *Emergence of a Triple Helix of university–industry–government relations*. *Science and public policy*, 23(5), 279-286.

Musial, W., Butterfield, S., & Ram, B. (2006, May). *Energy from offshore wind*. In *Offshore technology conference*. OnePetro.

Nelson, V. (2009). *Wind energy: renewable energy and the environment*. CRC press.

Noailly, J., & Shestalova, V. (2017). *Knowledge spillovers from renewable energy technologies: Lessons from patent citations*. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 22, 1-14.

Oh, D. S., Phillips, F., Park, S., & Lee, E. (2016). *Innovation ecosystems: A critical examination*. *Technovation*, 54, 1-6.

Oliveira, G., Curi, A. Z., Felini, P. S. & Ficarelli, T. R. A. (2020). Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil. São Paulo: Agência GO Associados
Pérez-Collazo, C., Greaves, D., & Iglesias, G. (2015). *A review of combined wave and offshore wind energy*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 141-153.

Saidi, K., & Omri, A. (2020). *The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries*. *Environmental research*.

Schumpeter, J. A. (2017). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Routledge.

Spena, T. R., Trequa, M., & Bifulco, F. (2016). *Knowledge practices for an emerging innovation ecosystem*. *International Journal of Innovation and Technology Management*.

Tolmasquim, M. T., Guerreiro, A., & Gorini, R. (2007). Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos estudos CEBRAP*, 47-69.

Vasconcelos, R. M. (2019). Complexos Eólicos Offshore – Estudo sobre avaliação de impactos. IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

World Bank. 2021. *Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets*. Washington, D.C.: World Bank Group.