

Cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* no Brasil

Programa de Energia para o Brasil (BEP)

JANEIRO 2022

*Task Order 5.2.3: Developing offshore wind
value and innovation chain in Brazil*

SUMÁRIO

Abreviações	4
Sumário Executivo	7
Introdução	11
1. Cadeia de valor da eólica <i>offshore</i>	16
1.1. Cadeia de valor internacional	18
1.1.1. Projeto (Desenvolvimento e Concessão)	19
1.1.2. Produção e Aquisição	22
1.1.3. Instalação e Comissionamento	24
1.1.4. Operação e Manutenção.....	28
1.1.5. Descomissionamento	30
1.1.6. Casos internacionais na cadeia de valor da eólica <i>offshore</i>	32
1.2. Potencial da cadeia de valor nacional	36
1.2.1. Projeto (Desenvolvimento e Concessão)	36
1.2.2. Produção e Aquisição	37
1.2.3. Instalação e Comissionamento	39
1.2.4. Operação e Manutenção.....	41
1.2.5. Descomissionamento	42
1.3. Gargalos e oportunidades	42
2. Cadeia de inovação da eólica <i>offshore</i>	51
2.1. Descrição da cadeia de inovação	52
2.2. Organizações internacionais de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação	53
2.3. Organizações nacionais de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação	57
2.4. Gargalos e oportunidades	59
3. Dimensões transversais	63
3.1. Competências e habilidades.....	63
3.1.1. Organizações internacionais de formação de competências	64
3.1.2. Organizações nacionais de formação de competências	66
3.1.3. Gargalos e oportunidades	69
3.2. Regulação	72
3.2.1. Agências de regulação do Brasil.....	73
3.2.2. Gargalos e oportunidades	74

3.3. Financiamento	77
3.3.1. Instituições de financiamento e incentivos internacionais	77
3.3.2. Instituições de financiamento e incentivos nacionais	79
3.3.3. Gargalos e oportunidades	82
4. Diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica <i>offshore</i> do Brasil.....	83
4.1. Cadeia de valor.....	84
4.2. Cadeia de inovação	89
4.3. Dimensões transversais	92
5. Conclusões	98
6. Autoria e desenvolvimento do estudo	101
Referências	103
Apêndices	107
Apêndice A – Relatório CLT	107
Apêndice B – Oportunidades para Pequenas e Médias Empresas (PMEs) brasileiras	108
Apêndice C – Associações empresariais para suporte ao setor eólico <i>offshore</i>	111
Apêndice D – Empresas certificadoras com possíveis interfaces com o setor eólico <i>offshore</i>	113
Apêndice E – Empresas internacionais mapeadas na fase de Projeto	121
Apêndice F – Empresas internacionais mapeadas na fase de Produção e Aquisição	123
Apêndice G – Empresas internacionais mapeadas na fase de Instalação e Comissionamento	125
Apêndice H – Empresas internacionais mapeadas na fase de Operação e Manutenção	127
Apêndice I – Empresas internacionais mapeadas na fase de Descomissionamento	129
Apêndice J – Cadeia de Inovação da eólica <i>offshore</i>	130
Apêndice K – Universidades e Centros de Formação em eólica <i>offshore</i>	133
Apêndice L – Principais instituições de ensino do Brasil para formação, qualificação e requalificação profissional.....	135

Abreviações

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABVCAP	Associação Brasileira de <i>Private Equity</i> e <i>Venture Capital</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
AIC	<i>Aura Innovation Centre</i>
BAME	<i>Black, Asian and Minority Ethnic</i>
BANDES	Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BEP	<i>Brazil Energy Programme</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNB	Banco do Nordeste
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRDE	Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
BoP	Balanço da planta
CEPEL	Centro de Pesquisas em Energia Elétrica
CSMP	<i>Council of Supply Chain Management Professions</i>
DE	<i>Germany</i>
DK	<i>Denmark</i>
DTU	<i>Technical University of Denmark</i>
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
EPCI	<i>Engineering, production, construction and installation</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAP	Fundações de Amparo à Pesquisa
FID	Decisão de Investimento Financeiro
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GBS	<i>Gravity Based System</i>
GEE	Gás de efeito estufa

GESI	<i>Gender Equity and Social Inclusion</i>
GW	<i>Gigawatt</i>
GWO	<i>Global Wind Organization</i>
IA	Inteligência Artificial
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IFC	<i>International Finance Corporation</i>
IN	<i>India</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
ISM Code	<i>International Safety Management</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
LCoE	<i>Levelized cost of energy</i>
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
Meconomia	Ministério da Economia
MME	Ministério de Minas e Energia
NL	<i>Netherlands</i>
NO	<i>Norway</i>
NOC	<i>National Oceanography Centre</i>
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
ODS	Objetivos de desenvolvimento sustentável
OEM	<i>Original equipment manufacturers</i>
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Auditing Standard</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
OPITO	<i>Offshore Petroleum Industry Training Organization</i>
ORE	<i>Offshore Renewable Energy</i>
OSW	<i>Offshore wind</i>
O&G	Óleo e Gás
O&M	Operação e Manutenção
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PROINFA	Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
ROL	Receita Operacional Líquida
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i>
SAMS	<i>The Scottish Association of Marine Sciences</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIN	Sistema Interligado Nacional
SPE	Sociedade de Propósito Específico
TIGGOR	<i>Technology, Innovation and Green Growth for Offshore Renewables</i>
TIC	Tecnologias inovadoras de Informação e Comunicação
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>
UK	<i>United Kingdom</i>
USA	<i>United States of America</i>

Sumário Executivo

O Programa de Energia para o Brasil (BEP, na sigla em inglês), do governo britânico, tem como principal objetivo apoiar o Brasil no processo de transição energética para uma economia de baixo carbono, que seja também, social e economicamente inclusiva.

A energia eólica *offshore* é uma das frentes de trabalho do BEP, dentro da qual já foram desenvolvidos estudos sobre: (a) impactos ambientais e socioeconômicos deste setor; (b) condições para o desenvolvimento da eólica *offshore* – infraestrutura portuária, infraestrutura de linhas de transmissão, cadeia de valor e contratos, incluindo parcerias público privadas – PPPs; (c) opinião para o marco legal-regulatório da eólica *offshore* no Brasil e; (d) guia do investidor em energia eólica *offshore* no Brasil.

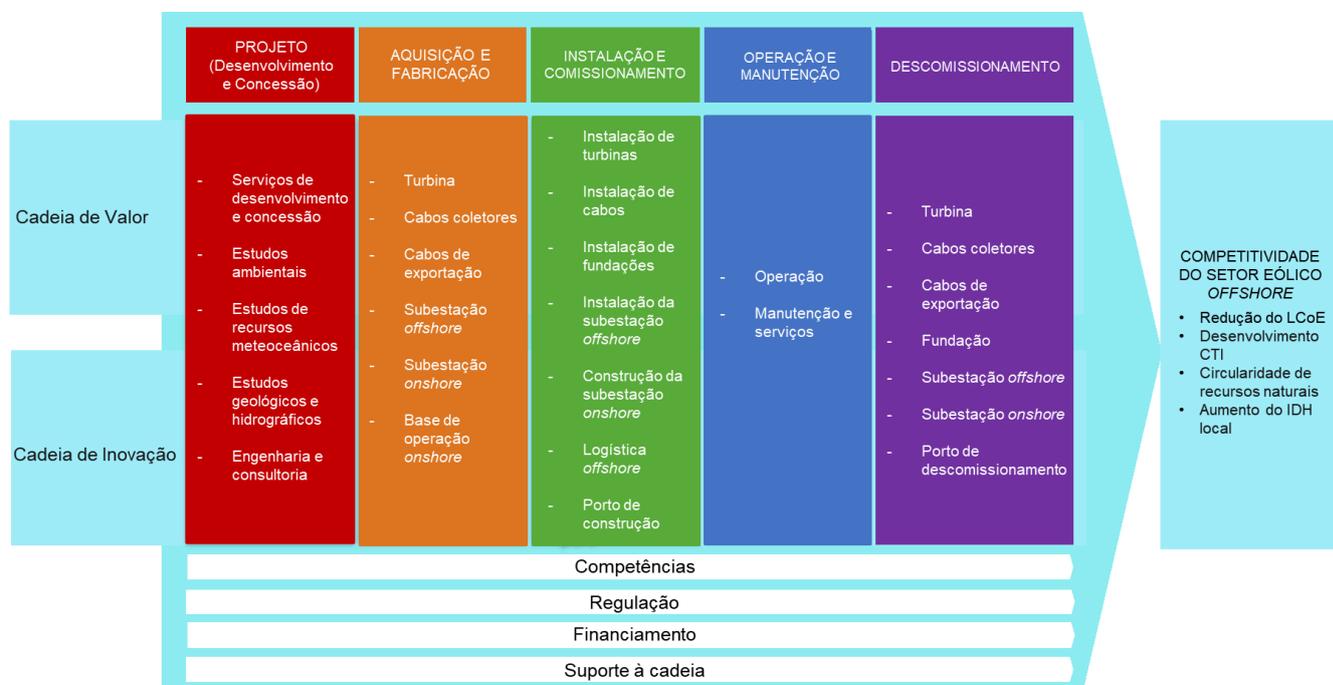
Este relatório tem como tema o “Desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* no Brasil”, com a finalidade de apontar diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação do setor no país, sempre buscando incorporar um dos pilares do BEP de equidade de gênero e inclusão social (GESI, na sigla em inglês).

Para o estudo, as cadeias de valor e de inovação do setor eólico *offshore* foram integrados em um *framework* analítico que espelha a dinâmica de atividades desse setor onde ele já ocorre (Figura 1). O ciclo de vida de uma usina eólica *offshore*, incluído no *framework*, considera 5 fases: Projeto; Produção e Aquisição; Instalação e Comissionamento; Operação e Manutenção e; Descomissionamento. Cada uma dessas fases possui atividades específicas com demandas próprias de serviços, produtos, licenças, dentre outras.

O *framework* das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore*, considera a busca e a manutenção da competitividade do setor eólico *offshore* mediante o desenvolvimento do conhecimento científico, tecnológico e inovação, a circularidade dos recursos naturais, o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) local e a redução contínua do custo nivelado de energia (*Levelized cost of energy* – LCOE). Para isso, são necessários profissionais com competências e habilidades específicas,

a existência de uma regulação do setor, o financiamento e ações de associações para suporte às cadeias.

Figura 1: Framework das cadeias de valor e de inovação da eólica offshore.



Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Como resultados do estudo foram identificados Oportunidades e Gargalos para as cadeias de valor e de inovação, e elaboradas as Diretrizes e Recomendações para o desenvolvimento da eólica offshore no Brasil.

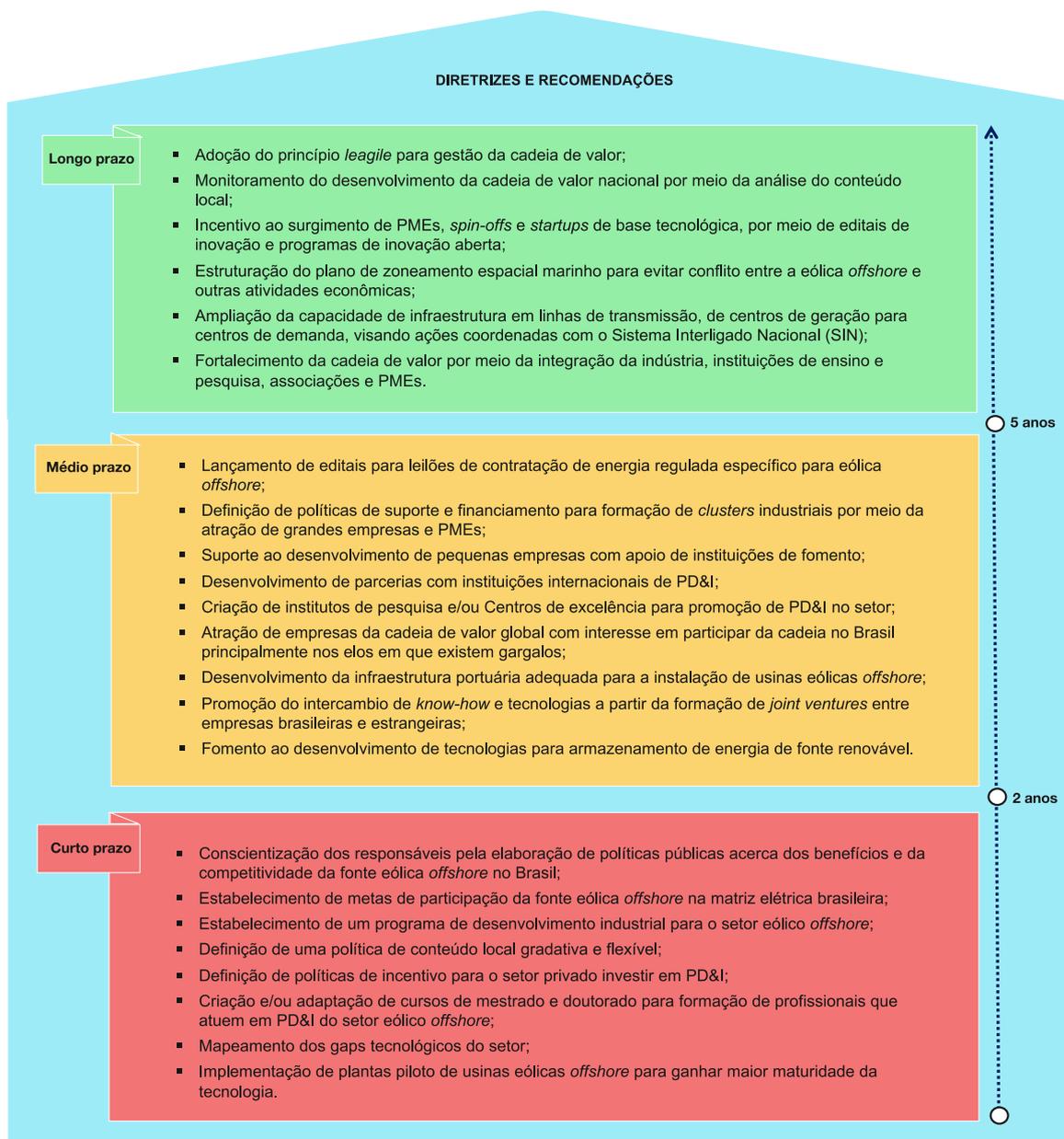
As oportunidades identificadas foram: a existência de uma indústria nacional diversificada; a maturidade da indústria eólica onshore e O&G offshore; a integração de empresas do mercado eólico offshore, facilitando a tropicalização da tecnologia; a utilização da experiência quanto à formação da cadeia de valor da eólica onshore; a atuação de filiais de empresas internacionais que possuem experiência com o setor eólico offshore; a atuação de empresas nacionais no fornecimento de produtos e serviços nas diferentes camadas da cadeia de valor; a tendência de aumento da participação da eólica offshore na matriz energética de outros países para os quais o Brasil poderia atuar como possível fornecedor de primeira ou segunda camada; a existência de uma associação eólica atuante; a existência de infraestrutura portuária para suporte às atividades de Operação e Manutenção; a disponibilidade de agências de fomento à inovação que poderiam atuar no setor eólica offshore; o uso de recursos

para PD&I de outros setores, como o de O&G, que beneficiariam o setor; o aproveitamento da experiência de projetos de PD&I vinculados à transformação digital; a existência de centros de pesquisa e programas de pós-graduação bem-conceituados; e a oportunidade de desenvolver tecnologias atreladas à produção de hidrogênio verde.

Como potenciais gargalos ao desenvolvimento dessa nova fonte de energia foram identificados pontos que merecem atenção, dentre eles: a ausência de infraestrutura portuária adequada para as atividades de instalação de usinas eólicas *offshore*; ausência de participação da energia eólica *offshore* na matriz energética considerada no plano decenal de energia 2020-2030; a imaturidade técnica de algumas empresas potenciais para participar da cadeia de valor; a falta de *know-how* e experiência para a instalação de usinas eólicas *offshore*; a reduzida disseminação de conhecimento e informações sobre o setor; a inexistência de um programa de desenvolvimento industrial para o setor; a ausência de embarcações no Brasil especializadas para a instalação de usinas; a falta de editais para PD&I em eólica *offshore*; a inexistência de políticas e incentivos à inovação no setor; o reduzido número de Instituições de Pesquisa dedicados a estudos no setor; e a baixa integração entre os centros de PD&I e o setor privado.

As principais diretrizes e recomendações propostas estão organizadas, na Figura 2, considerando o fator tempo: ações de curto prazo de até 2 anos; ações de médio prazo de até 5 anos; e ações de longo prazo, acima de 5 anos.

Figura 2: Principais diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica offshore no Brasil



Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Introdução

a. Contextualização

A energia eólica *offshore* é uma das fontes de energia renovável que mais cresceu globalmente nos últimos anos. Segundo a International Renewable Energy Agency (IRENA), essa fonte é, na atualidade, a mais desenvolvida entre as fontes de energia renovável *offshore* (IRENA, 2021). No final de 2020, a capacidade global total instalada de energia eólica *offshore* era de cerca de 35 GW. Estima-se que, em 2050, a capacidade instalada do setor deve passar de 2.000 GW, considerando as metas de redução de emissões de carbono dos países.

O Brasil, por sua vez, possui um potencial eólico *offshore* de 697 GW em áreas de até 50 m de profundidade e a 100 m de altura do *hub* (EPE, 2020), e 1,2 TW a uma profundidade de até 1.000 m e a 100 m de altura do *hub* (WORLD BANK, 2019). Em outubro de 2021, existiam 23 projetos de energia eólica *offshore* com processos de licenciamento ambiental abertos no IBAMA, representando mais de 45 GW de capacidade instalada (IBAMA, 2021).

Dado seu potencial, vários estudos foram realizados para o setor, nos temas de: avaliação do recurso eólico (EPE, 2020; WORLD BANK, 2019), estudos de viabilidade econômica (MELO, 2020; NUNES, 2020), regulamentação e desenvolvimento do mercado (BARBOSA, 2018; GONZÁLEZ et al., 2020; SANTISO, 2021), regulamentação ambiental (VASCONCELOS, 2019; SILVA, 2019; IBAMA, 2020), e infraestrutura de linhas de transmissão e logística portuária e de instalação (CASTRO, 2019; GODEIRO, 2021; NASCIMENTO, 2021). O BEP - Programa de Energia para o Brasil (BEP, na sigla em inglês), do governo britânico, cujo objetivo é apoiar o Brasil na transição energética para uma economia de baixo carbono, com inclusão social e de gênero, também conduziu, em 2020 e 2021, estudos cobrindo os temas: impactos ambientais e socioeconômicos (BEP, 2020a); análise da infraestrutura portuária, linhas de transmissão, tipos de contratos e cadeia de valor (BEP, 2020b); marco legal-regulatório (BEP, 2020c); e o guia do investidor para o mercado de energia eólica *offshore* do Brasil (BEP, 2021).

b. Objetivo

Este relatório constitui mais uma iniciativa do BEP nessa linha de trabalhos e tem como objetivo propor diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação do setor de energia eólica *offshore* no Brasil. Esse desenvolvimento considera a promoção da equidade de gênero e inclusão social (GESI¹) - um pilar transversal do próprio BEP -, os princípios do ESG (*Environmental, Social and Governance*) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que direcionam as iniciativas da transição energética a fim de gerar mais impactos positivos para a sociedade em geral.

Tratando-se de uma cadeia de valor ainda a ser desenvolvida no Brasil, é fundamental que qualquer esforço de promoção dê-se levando em consideração tendências atuais e futuras do setor, razão pela qual o tema da inovação assume especial relevância no estudo.

De modo alinhado aos pressupostos do BEP e ao pilar de GESI considerado no programa, o presente estudo formulou um modelo de cadeia de valor inclusiva, destacando também oportunidades de atuação das pequenas e médias empresas brasileiras e que viabiliza um modelo de desenvolvimento sustentável local. Com isto, o estudo possibilita o aproveitamento das oportunidades nacionais quanto aos impactos sociais positivos nas comunidades locais na proximidade de parques eólicos *offshore* e a equidade de gênero na cadeia como um todo, seja de forma direta ou indireta.

Por fim, cabe salientar que para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* no Brasil é relevante a participação de instituições de apoio em áreas como: formação de competências, sistemas de financiamento e regulação. Por essa razão, tais estruturas de apoio também constituem objeto do presente estudo.

¹ Gender Equity and Social Inclusion.

c. Metodologia

A metodologia deste estudo contemplou: 1) pesquisa teórica sobre os temas da cadeia de valor da eólica *offshore* e cadeia de inovação; 2) pesquisa em *sites* de instituições reconhecidas na divulgação de relatórios técnicos sobre energia eólica *offshore*; 3) pesquisa nos sites de empresas internacionais que atuam no setor eólico *offshore* e entidades nacionais que atuam no setor de eólica *onshore*, O&G *offshore* e indústria naval; 4) entrevistas com uso de questionário semiestruturado aplicados a integrantes de cargos de diretoria de 17 organizações; 5) *workshops* internos para análise e estruturação do *framework* das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore*; e 6) *workshops* internos para identificação e estruturação das diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da energia eólica *offshore*.

Uma vez que o trabalho buscou cobrir aspectos internacionais e nacionais das cadeias de valor e inovação, estudos focados em cada um desses segmentos foram realizados por equipes específicas do BEP junto às entidades consorciadas (CLT – *Carbon Limiting Technologies* – Apêndice A e Hubz – Apêndices B, C e D). Como resultado, também foram obtidas duas bases de dados das empresas e instituições mapeadas.

As etapas do estudo desenvolvidas são descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição das etapas do método de estudo.

Etapa	Descrição
Pesquisa teórica sobre cadeias de valor e de inovação da energia eólica <i>offshore</i> .	As fontes de dados utilizadas na busca de relatórios técnicos foram os <i>sites</i> de instituições que lidam diretamente com a eólica <i>offshore</i> , como o <i>Global Wind Energy Council (GWEC)</i> , o <i>International Renewable Energy Agency (IRENA)</i> , a <i>BVG Associates</i> e a <i>International Energy Agency (IEA)</i> . Para a busca de estudos científicos utilizou-se as bases de dados das plataformas <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> , <i>Science Direct</i> e o Portal Periódicos Capes. Foram identificados, revisados e analisados 30 relatórios técnicos do setor eólico <i>offshore</i> , cadeia de valor e inovação e 16 dissertações, teses e artigos científicos identificados nos <i>sites</i> especializados do setor e nas plataformas <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> .
Mapeamento de Pequenas e Médias Empresas (PMEs) do Reino Unido que atuam nas cadeias de valor e de inovação do setor eólico <i>offshore</i> .	Para identificação das empresas, foram consultadas as informações disponíveis em <i>sites</i> como <i>Renewable UK</i> , <i>Wind Europe</i> e outros <i>sites</i> relacionados ao setor, onde foram mapeadas 45 empresas. Nesta etapa, também foram realizadas entrevistas com cinco dessas empresas, utilizando-se questionário semiestruturado. As entrevistas incluíram perguntas sobre os empregos criados, incluindo mulheres e jovens, a capacitação de trabalhadores locais nas novas áreas da cadeia e os potenciais impactos socioeconômicos locais nas atividades da empresa na futura cadeia de valor da eólica <i>offshore</i> .

Mapeamento de empresas que participam dos principais elos da cadeia de valor da eólica <i>onshore</i> e da cadeia de valor de óleo e gás <i>offshore</i> do Brasil.	Para o levantamento das empresas foram realizadas buscas nas bases de dados das seguintes instituições: ABDI, ABEAM, ABEEólica, ABIMAQ, ABINEE, ANP, ASSESPRO, BNDES, CNI, EMBRAPII, Federações das indústrias dos estados (BA, CE, MG, PE, PR, RJ, RN, RS, SC e SP), IBP, INMETRO, SEBRAE, SENAI e SINAVAL. Ao todo foram mapeadas 48 empresas de eólica <i>onshore</i> e 18 de O&G. Além disso, nesta etapa foram realizadas entrevistas com sete das empresas mapeadas, utilizando-se questionário semiestruturado para identificar o potencial de participação dessas empresas na cadeia de valor da eólica <i>offshore</i> , bem como os impactos para PMEs, mão de obra/empregos e comunidades locais. Uma análise detalhada relacionada às oportunidades para as Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs) brasileiras também foi realizada, conforme apresenta o Apêndice B.
Mapeamento de empresas que atuam no setor de eólica <i>offshore</i> no Reino Unido, Alemanha e Dinamarca.	Para a identificação das empresas, foram utilizados os sites do <i>Renewable UK</i> e do <i>Wind Europe</i> , e relatórios técnicos como o da <i>BVG Associates</i> (2019), resultando em 253 empresas mapeadas. Também foram consultados os sites de cada empresa para mapear suas atividades e relacioná-las ao ciclo de vida de uma usina eólica <i>offshore</i> .
Mapeamento dos principais centros de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Dinamarca, Alemanha e Reino Unido.	A identificação dos 22 Centros de PD&I foi realizada utilizando-se como referência a base de dados dos projetos de pesquisa da União Europeia e o histórico dos eventos técnico-científicos como aqueles promovidos pelo <i>Global Offshore Wind</i> e o <i>Wind Europe</i> . Após identificar os centros, foram acessados os sites de cada uma das instituições. Nessa etapa, além do mapeamento, cada centro de PD&I e seus respectivos projetos foram categorizados de acordo com os estágios da cadeia de inovação e as fases do ciclo de vida de uma usina.
Mapeamento das principais instituições e universidades internacionais da Dinamarca, Alemanha e Reino Unido.	As instituições foram identificadas a partir das bases de dados de instituições de ensino superior dos países selecionados, resultando em 30 instituições. A identificação foi complementada por meio da leitura de teses e dissertações publicadas pelas universidades relevantes dos países selecionados. Nessa etapa, também foram sistematizados os cursos oferecidos para qualificação e formação de competências no setor eólico <i>offshore</i> , nos níveis técnicos, graduação e pós-graduação (mestrado e doutorado).
Mapeamento de institutos tecnológicos e grupos de pesquisa nacionais.	A identificação das instituições foi realizada por meio de consulta ao banco de dados do CNPq e de sites de instituições nacionais reconhecidas por suas atividades de PD&I no setor de energia e de Óleo e Gás. Após a identificação de 10 instituições com pesquisa sobre eólica <i>offshore</i> ; 10 instituições com pesquisas em setores com sinergia e; 7 entidades de suporte à inovação para o desenvolvimento da eólica <i>offshore</i> , foi realizada uma pesquisa no site de cada instituição para identificar os temas de pesquisa e sua experiência no escopo do estudo.
Estruturação do <i>framework</i> das cadeias de valor e de inovação da eólica <i>offshore</i> .	A estruturação do <i>framework</i> foi realizada com base na análise da revisão bibliográfica e por meio de <i>workshops</i> internos seguindo três estágios: 1) desenvolvimento da versão 1 do <i>framework</i> ; 2) análise crítica da versão 1; e 3) aprimoramento da versão 1. A versão final foi consolidada após o quinto <i>workshop</i> .
Identificação, estruturação e validação das diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica <i>offshore</i> no Brasil.	A partir das análises das informações e dados de pesquisa obtidos nas etapas anteriores e também por meio de <i>workshops</i> internos, foram identificadas, estruturadas e validadas as diretrizes e recomendações que visam ao desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica <i>offshore</i> no Brasil. O procedimento foi: 1) identificação e estruturação das diretrizes e recomendações, versão 1; 2) análise crítica da versão 1; 3) aprimoramento da versão 1. A versão final foi consolidada após o quarto <i>workshop</i> .

Fonte: Elaborado para o BEP (2021).

d. Estrutura do relatório

Este relatório está estruturado em cinco seções:

1 – Cadeia de valor da eólica *offshore*

Apresenta o resultado do mapeamento da cadeia internacional e nacional da eólica *offshore* e identifica potenciais gargalos e oportunidades para o desenvolvimento dessa cadeia no Brasil.

2 – Cadeia de inovação da eólica *offshore*

Descreve a cadeia de inovação da eólica *offshore* e as organizações internacionais e nacionais participantes, além de apontar os potenciais gargalos e oportunidades para o desenvolvimento dessa cadeia no Brasil.

3 – Dimensões transversais

Apresenta as dimensões relevantes para as cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore*, as **instituições** internacionais participantes e, as instituições nacionais potenciais que poderiam participar da eólica *offshore*. Identifica ainda potenciais gargalos e oportunidades para cada dimensão. Foram consideradas as dimensões: Competências, Regulação e Financiamento. As associações de suporte à cadeia eólica *offshore* são apresentadas em detalhe no Apêndice C.

4 – Diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* no Brasil

Descreve as diretrizes e recomendações para promoção da cadeia de valor e de inovação no Brasil, com base nos mapeamentos realizados, nas análises de gargalos e oportunidades de cada dimensão, e nas entrevistas realizadas com representantes de 17 organizações nacionais e internacionais. Também são apresentadas as recomendações para a dimensão Social, devido a relevância e o foco dos ODS e do GESI.

5 – Conclusões

Descreve as conclusões identificadas no estudo centrado no desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica *offshore* do Brasil.

1. Cadeia de valor da eólica *offshore*

Esta seção tem como principal objetivo apresentar a cadeia de valor da energia eólica *offshore* com descrição dos produtos e serviços requeridos em cada fase do ciclo de vida da usina. Além disso, são destacadas algumas iniciativas para o desenvolvimento dessa cadeia.

No contexto deste estudo, a cadeia de valor é considerada como um conjunto de atividades interconectadas para entregar produtos e/ou serviços de valor aos consumidores ou usuários. Já a cadeia de suprimentos é definida como o conjunto de empresas que trocam materiais e informação ao longo do processo logístico, desde a aquisição da matéria-prima até a entrega de produtos e serviços ao consumidor final (CSCMP, 2021). A cadeia de suprimentos, portanto, faz parte da cadeia de valor (JONES; DEMIRKAYA; BETHMANN, 2019).

Além disso, algumas iniciativas para o desenvolvimento da cadeia de valor são cruciais para obter os benefícios socioeconômicos, principalmente no âmbito do desenvolvimento regional. Tendo em vista a experiência de mercados em energia eólica *offshore* já estabelecidos, como os do Reino Unido e da Dinamarca, o governo deve ter uma atuação proativa no planejamento, orientando suas políticas públicas e regulação para o desenvolvimento da eólica *offshore* e sua cadeia de valor (WORLD BANK, 2021).

A criação de um portfólio de projetos é importante, nesse aspecto, visto que estimula o desenvolvimento da cadeia de valor local. Alguns exemplos de iniciativas que podem ser implementadas pelos governos são (HM GOVERNMENT, 2019; WORLD BANK, 2021; SANTISO, 2021):

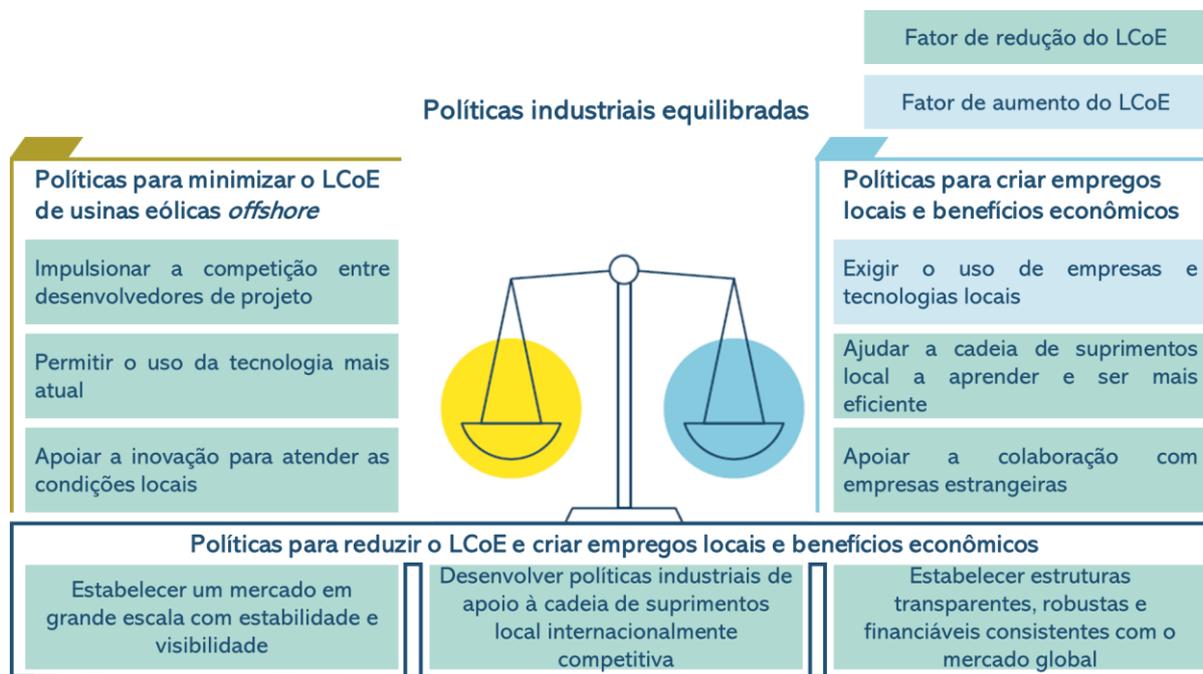
- Inclusão da energia eólica *offshore* como parte da matriz energética do país, com definição de metas;
- Definição de um marco legal e regulatório para o setor;
- Implementação de mecanismos de suporte para projetos de demonstração (plantas piloto) de usinas eólicas *offshore*;
- Elaboração de programas de desenvolvimento para a cadeia de valor considerando a utilização de componentes com conteúdo local;

- Implementação de políticas de estímulo ao desenvolvimento de competências locais, com oportunidade de aproveitamento de setores sinérgicos (O&G *offshore*, eólica *onshore* etc.);
- Estruturação de políticas e incentivos para o desenvolvimento de infraestrutura portuária e de linhas de transmissão, visando ações coordenadas com o Sistema Interligado Nacional (SIN);
- Estabelecimento de atividades de zoneamento espacial marinho para evitar conflito entre a eólica *offshore* e outras atividades econômicas;
- Implementação de políticas e incentivos para assegurar o engajamento dos *stakeholders* na cadeia, particularmente em torno de associações de pescadores e das comunidades costeiras;
- Estabelecimento de mecanismos de padronização e certificação para gerenciamento de riscos de atividades *offshore* segundo padrões internacionais;
- Disponibilização de financiamento público para apoiar o investimento privado na cadeia de valor, contemplando também as PMEs;
- Promoção da criação de *clusters* industriais² por meio de políticas de suporte, financiamento e outras iniciativas;
- Mapeamento da cadeia de valor na fase inicial de desenvolvimento do setor para identificação de gargalos e oportunidades, incluindo as possibilidades de participação de PMEs nacionais;
- Promoção da interação entre a indústria, instituições de ensino e pesquisa e associações para o fortalecimento da cadeia de valor e capacitação de PMEs.

A Figura 3 apresenta as políticas necessárias para o desenvolvimento do mercado eólico *offshore* e destaca a importância do equilíbrio entre políticas que focam na minimização dos custos (LCoE) e aquelas que estimulam a criação de empregos locais e benefícios econômicos para um mercado emergente.

² *Cluster* industriais referem-se à concentração de empresas, instituições e outras organizações relevantes em determinada região, permitindo uma maior colaboração da cadeia de valor e otimizando o desenvolvimento do setor (TRISTÃO, 2013).

Figura 3: Políticas para o desenvolvimento do mercado eólico offshore



Fonte: Adaptado de World Bank (2021).

Para o estudo, a cadeia de valor da eólica *offshore* é analisada nas cinco fases do ciclo de vida: Projeto; Produção e Aquisição; Instalação e Comissionamento; Operação e Manutenção (O&M); e Descomissionamento (BVG, 2019; CHARTRON, 2018; JUDGE et al., 2019; MYTILINO; KOLIOS, 2019; SHAFIEE; BRENNAN; ESPINOSA, 2016).

Na seção 1.1 subsequente, é apresentada a experiência da cadeia de valor desenvolvida a nível internacional e, na seção 1.2, uma visão da futura cadeia de valor em âmbito nacional, na qual são destacadas as empresas brasileiras que tem potencial para fazer parte da cadeia de valor da eólica *offshore*, considerando a experiência dessas empresas em setores sinérgicos, com processos semelhantes aos da cadeia em questão.

1.1. Cadeia de valor internacional

Para cada fase do ciclo de vida de uma usina eólica *offshore* foram identificados os serviços e produtos fornecidos por empresas de pequeno, médio e grande porte que atuam no setor eólico *offshore* no mercado internacional. Maiores detalhes sobre esses aspectos podem ser consultados no Apêndice A.

1.1.1. Projeto (Desenvolvimento e Concessão)

Essa fase envolve o gerenciamento do projeto pelo desenvolvedor da usina, abrangendo atividades desde a concepção inicial da usina até a Decisão de Investimento Financeiro (FID) (SHAFIEE; BRENNAN; ESPINOSA, 2016). As principais atividades da fase de Projeto estão listadas no Quadro 2.

Quadro 2: Principais atividades da fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão)

Atividade	Subatividade	Descrição
Desenvolvimento do projeto	Concessão da área	Envolve as atividades do processo de arrendamento/aluguel da área na qual o projeto será desenvolvido.
	Licenciamento	Corresponde às atividades que o desenvolvedor deve realizar ao longo do processo para obtenção das licenças para a instalação e operação da usina.
Estudos ambientais	Estudos de aves, mamíferos marinhos, peixes, bentos, <i>onshore</i> , dentre outros	Diversas pesquisas são realizadas a fim de determinar os possíveis impactos do projeto, incluindo estudos de aves, mamíferos, peixes, estudos de navegação, impactos socioeconômicos e avaliações de impactos de tráfego marítimo. Também são realizados estudos ambientais <i>onshore</i> que analisam o impacto provocado pelo lançamento de cabos de exportação da energia e da construção da subestação <i>onshore</i> (WEIG, 2017). Já os estudos de impacto social avaliam como as comunidades costeiras podem ser afetadas.
	Avaliação de impacto ambiental	Corresponde à avaliação prévia dos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos causado pela instalação do projeto eólico <i>offshore</i> em uma determinada área e em sua proximidade, considerando os impactos identificados no ambiente físico, biológico e humano, tanto <i>onshore</i> (ambiente costeiro) como <i>offshore</i> . De acordo com os impactos potenciais identificados, são propostas medidas para mitigar ou reduzir esses impactos.
Avaliação de recursos meteoclimatológicos	Coleta de dados atmosféricos e oceanográficos	Os dados atmosféricos e oceanográficos coletados compõem parte do projeto de engenharia da usina. Esses dados permitem avaliar o potencial futuro de geração de energia e descrever as condições operacionais prováveis na área da usina.

Estudos geológicos e hidrográficos	Levantamentos hidrográficos, geológicos e geotécnicos	Os estudos geotécnicos e geofísicos mapeiam as características do solo marinho, profundidade e estratigrafia. Esses estudos incluem o direcionamento de limites dos estratos de solo, rocha e características específicas do fundo do mar; exame do impacto do desenvolvimento da usina na sedimentação local e nos processos costeiros, como a erosão; batimetria e estratigrafia; e estimativa da rota em que os cabos poderão ser dispostos.
Engenharia e consultoria	Estudos de viabilidade	Envolvem as atividades de medição de vento, projeto conceitual do parque, definição do perfil do vento, seleção preliminar do modelo da turbina, design da fundação a ser utilizada no projeto, otimização de <i>layout</i> do parque, revisão de opções de conexão à rede, determinação da rota de cabos de exportação da energia do parque à costa, avaliação de incertezas e estudo de viabilidade econômico-financeira. Para a medição de vento são realizados estudos meteorológicos que permitem mapear as condições meteorológicas e oceanográficas da região.

Fonte: Adaptado de BVG (2019); Aegir, Cowi e Pondera (2021).

Em relação às empresas mapeadas, o Apêndice E traz exemplos daquelas que atuam na fase de Projeto e realizam as principais atividades dessa fase, com seus respectivos países de atuação e certificações utilizadas. Destaca-se que algumas dessas empresas internacionais atuam no Brasil em outros setores, o que indica que possuem potencial para fazer parte da cadeia de valor da eólica *offshore* no Brasil. A Figura 4 apresenta esse potencial para cada atividade da fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão).

Figura 4: Atividades da fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão) com potencial atuação de empresas internacionais

Atividades	Desenvolvimento do projeto	Estudos ambientais	Avaliação de recursos meteoceanográficos	Estudos geológicos e hidrográficos	Engenharia e consultoria
Potencial de atuação das empresas					
Filiais	SP, RJ, PE, BA, RN	SP, RJ, PR, MG	SP, RJ, RS, CE	SP, RJ, PR, MG	SP, RJ, RS, CE

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Na atividade de desenvolvimento do projeto, de estudos ambientais e a avaliação de recursos, foram identificadas 4 empresas, para cada atividade, que atuam em outro setor no Brasil. Para os estudos geológicos e hidrográficos, 3 empresas potenciais

foram identificadas. E, para a engenharia e consultoria, há empresas proprietárias de usinas eólicas *offshore*, como a Equinor, Iberdrola e Shell, atuando em outros setores no Brasil que podem desenvolver essa atividade.

- **Atuação de PMEs na fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão)**

Para pequenas e médias empresas (PMEs)³, as oportunidades de participação na fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão) estão focadas na otimização de custos de usinas eólicas *offshore* com o emprego de dados e técnicas de modelagem avançadas.

Visando a otimização de custos, as PMEs utilizam técnicas e tecnologias inovadoras para: coletar dados [por exemplo, detecção e alcance da luz (LIDAR), drones etc.]; analisar dados [por exemplo, *Big data*, aprendizado de máquina/Inteligência Artificial (IA), pesquisa operacional e *digital twin*⁴]; explorar a área terrestre e a marítima; desenvolver melhores projetos; e otimizar o *layout* da usina eólica. O Quadro 3 destaca algumas PMEs do Reino Unido com inovações relevantes para esta fase.

Quadro 3: Exemplos de PMEs inovadoras – Projeto (Desenvolvimento e Concessão)

Empresa	Descrição	Inovação
Kinewell	O <i>software</i> Kinewell <i>Layout Optimization of Cable</i> (KLOC) projeta <i>layouts</i> otimizados dos cabos coletores para parques eólicos <i>offshore</i> . Normalmente oferece economia de 20% do CAPEX do sistema de cabo durante a vida útil do projeto.	Desenvolvimento de soluções de otimização de custo para o ciclo de vida do parque eólico utilizando matemática avançada e técnicas de IA para o <i>layout</i> dos cabos <i>offshore</i> .
ZXLidar	ZX Lidars, por operar em todos os climas, reduz a incerteza da medição do vento e aumenta o valor do projeto e <i>design</i> . Contribui no gerenciamento do risco de recursos eólicos e otimiza seus ativos.	ZX Lidar foi o primeiro sistema lidar disponível comercialmente, o primeiro a fazer medições de um <i>spinner</i> de turbina, o primeiro a implantar um lidar <i>offshore</i> .

³ A classificação das PMEs difere de país para país, variando conforme o faturamento e número de funcionários. Nesse estudo foram utilizadas a definição do Brasil e da Europa para a análise, conforme detalha o Apêndice B.

⁴ *Digital twin* (gêmeo digital) corresponde a uma representação virtual de um ativo com a finalidade de otimizar seu desempenho durante sua vida útil.

Rovco	A Rovco é uma fornecedora global de veículos operados remotamente (ROV) e serviços hidrográficos suportados por produtos de tecnologia baseados em IA. A empresa tem um histórico de fornecimento de serviços tecnológicos para o setor de eólica <i>offshore</i> .	A Rovco usa algoritmos de <i>machine learning</i> para reconhecimento de imagem e para detectar automaticamente os principais recursos em ambiente de difícil acesso. A integração da IA nos sistemas de ROV possibilita que os veículos subaquáticos autônomos realizem inspeções com o mínimo de intervenção humana.
-------	---	--

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

1.1.2. Produção e Aquisição

Nesta fase, os desenvolvedores do projeto trabalham em conjunto com os fabricantes das turbinas, desde as tomadas de decisões financeiras e estudos de engenharia, até a aquisição dos componentes mediante a seleção das melhores propostas recebidas. Os fabricantes são, geralmente, responsáveis pela instalação e comissionamento dos equipamentos em coordenação com os desenvolvedores da usina eólica ou empresa contratada (EPCI – serviço total de engenharia, aquisição, construção e instalação) (IOANNOU; ANGUS; BRENNAN, 2018).

Os principais componentes de uma usina eólica *offshore* são a turbina (composta pela torre, a nacelle, as pás e o rotor), a fundação, a peça de transição, a subestação *offshore*, a subestação *onshore* e os cabos (IRAWAN; JONES; OUELHADJ, 2017; KAISER; SNYDER, 2010; SHAFIEE, 2015). Empresas que atuam na fabricação e fornecimento desses componentes estão listadas no Apêndice F.

A Figura 5 apresenta o potencial de atuação de empresas internacionais para cada atividade da fase de Produção e Aquisição da cadeia de valor nacional, considerando as empresas que atuam no mercado internacional e possuem filiais no Brasil atuando em outros setores.

Figura 5: Atividades da fase de Produção e Aquisição com potencial atuação de empresas internacionais

Atividades	Turbina completa	Turbina (torre)	Turbina (nacele)	Turbina (rotor e pás)	Fundação	Peça de transição	Cabos	Subestação offshore	Subestação onshore
Potencial de atuação das empresas internacionais	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓
Filiais	BA, CE, SP, RN	SP,	SP, MG, RJ, SC, PR	SP, PE, BA, RS, SC, RN, CE	SP	-	SP, RJ, MG, SC, PR	SP, MG, BA, RJ, PA, RN, SC, PR, CE	SP, MG, BA, RJ, PA, RN, SC, PR, CE

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Para a produção e aquisição da turbina completa, foram mapeadas 5 empresas com atuação em outros setores no Brasil. Na produção de torres foi identificada apenas 1 empresa; na produção de nacele, 9 empresas; na produção de rotor e pás, 7 empresas; na produção de fundação apenas 1 empresa; na produção de cabos, 3 empresas; e para subestação *onshore* e *offshore*, 6 empresas. Quanto a peça de transição, não foram identificadas empresas atuantes.

O significativo volume de empresas que já atuam no Brasil pode se justificar devido à maturidade do setor eólico *onshore* no país. Assim, tem-se oportunidade para a cadeia de eólica *offshore* desenvolver-se, com base nas experiências dessas empresas, no que tange à produção dos componentes principais.

- **Atuação de PMEs na fase de Produção e Aquisição**

As PMEs participantes da cadeia de valor do Reino Unido, como Synaptec, Red Engineering, Enertechnos, C-Wind, ZXLidar, Partac, Sense Wind, Tekmar, dentre outras, adotam uma abordagem *wholesale* para inovar a fim de aumentar o desempenho técnico e reduzir os custos de fabricação relacionados aos principais componentes, como turbinas e fundações. A inovação pode estar relacionada ao tamanho da turbina, novos tipos de fundações, lançamento de cabos etc. O Quadro 4 traz alguns exemplos de inovações e novas tecnologias que essas PMEs estão buscando desenvolver. Observa-se que, além de desenvolver inovações em

dispositivos de suporte para a pá, torre, nacele e outros componentes, as PMEs também participam na inovação de grandes componentes da turbina.

Quadro 4: Exemplos de PMEs inovadoras – Produção e Aquisição

Empresa	País	Atividade	Inovação
CS Wind	Reino Unido e Coréia do Sul	Fabricação de torres eólicas.	Fabricação com eficiência operacional e excelência com a otimização de custos e melhoria contínua.
ACT Blade	Reino Unido	Fabricação de pás leves para reduzir custos e aumentar a produção de energia.	Utilização de novos materiais e materiais parcialmente reciclados para a produção de pás.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

1.1.3. Instalação e Comissionamento

Na fase de instalação e comissionamento ocorre o transporte dos componentes fabricados para o porto de instalação (NASCIMENTO, 2021; CHARTRON, 2018; SCHOLZ-REITER et al., 2011). Uma vez no porto, os componentes são armazenados e mantidos até a obtenção de todos os componentes necessários para a instalação da usina, quando são então transportados para a instalação na área *offshore* da usina (BARLOW et al., 2014; GODEIRO, 2021; PATERSON et al., 2017; VOJDANI; LOOTZ, 2012).

Devido à complexidade do processo, as atividades de instalação são divididas em pacotes de trabalho (como cabos, fundações, turbinas) os quais possuem, cada um deles, atividades de instalação específicas, incluindo logística, serviços portuários, atividades de instalação elétrica, atividades de instalação mecânica e comissionamento geral. Tais pacotes de trabalho podem ser gerenciados por um contratante EPCI, o que reduz os riscos incorridos ao projeto e, em contrapartida, aumenta os custos do desenvolvedor. Caso o desenvolvedor assuma essa função, os custos do projeto podem ser reduzidos, visto que não há a contratação de uma empresa EPCista, mas, por outro lado, pode ocorrer um aumento dos riscos incorridos ao projeto.

Para uma usina eólica de 1 GW, os custos de instalação podem chegar a £650 milhões, o que inclui as instalações, a logística, o seguro e o gerenciamento de projeto

(BVG, 2019). Considera-se a instalação como concluída, quando todos os pacotes de trabalho são entregues à equipe operacional. As principais atividades inerentes à essa fase são descritas no Quadro 5.

Quadro 5: Atividades da fase de Instalação e Comissionamento

Atividade	Descrição
Serviço total de engenharia, aquisição, construção e instalação (EPCI)	São serviços completos, contratados por desenvolvedores e investidores do projeto para atuarem em todas as fases de instalação, desde a engenharia, aquisição, construção até a instalação da usina, entregando o projeto pronto para a operação.
Instalação da turbina	Envolve as atividades de instalação da turbina eólica <i>offshore</i> , incluindo sua pré-montagem, transporte e instalação na área predefinida. Empresas fornecedoras de embarcações especializadas para a instalação de turbinas são restritas, visto que há apenas 137 embarcações disponíveis que participaram de instalações eólicas <i>offshore</i> em 2020, das quais 82 são <i>jack-up</i> ⁵ e 55 <i>heavy-lift</i> ⁶ . Sua maior concentração é na Europa, com 61%, seguido pela China, com 39% (GWEC, 2020).
Instalação da fundação	Envolve atividades relacionadas à instalação da fundação na área predefinida, para a qual são necessárias embarcações especializadas para este fim. Há uma maior variedade de fornecedores de embarcações para a instalação de fundação, visto que mais embarcações podem realizar essa atividade, o que irá depender do tamanho, condição do leito marinho, viabilidade econômica, dentre outros fatores.
Instalação da subestação <i>offshore</i>	Consiste no transporte e instalação da subestação <i>offshore</i> de sua área de fabricação até a área predefinida de instalação. Sua instalação no ambiente marítimo demanda embarcações com grande capacidade de guindaste. Além disso, devido às suas dimensões, as embarcações normalmente transportam a subestação por uma barcaça.
Construção da subestação <i>onshore</i>	Consiste na construção da infraestrutura em terra que servirá de suporte para o parque eólico <i>offshore</i> , com a presença de equipamentos elétricos que recebem a energia da subestação <i>offshore</i> e modificam sua tensão para despacho até à rede do sistema interligado de energia elétrica nacional.
Instalação dos cabos	Corresponde às atividades de conexão da turbina com a subestação <i>offshore</i> por meio dos cabos coletores e da conexão da subestação <i>offshore</i> com a subestação <i>onshore</i> , por meio dos cabos de exportação. Inclui atividades de estudo das rotas para a disposição dos cabos. Além

⁵ *Jack-up*: Embarcação utilizada para instalação de turbinas eólicas *offshore* que possuem pernas retráteis possibilitando a sua elevação acima do nível do mar, trazendo mais estabilidade.

⁶ *Heavy-lift*: Embarcação utilizada para instalação de grandes componentes da usina eólica *offshore*, com alta capacidade de carregamento e de elevação.

	disso, inclui embarcações para o lançamento de cabos, enterro de cabos e teste elétrico dos cabos.
Serviço logístico <i>offshore</i> (Coordenação da instalação e comissionamento)	Envolve o suporte às atividades principais de instalação e comissionamento dos componentes. Inclui embarcações de apoio de transferência de pessoal (CTV), barcaças, ROV, centro de operações de controle marítimo, visando coordenar o tráfego marítimo derivado das múltiplas atividades, e previsão de dados climáticos e meteorológicos que ajudam no planejamento das atividades das embarcações.

Fonte: Adaptado de BVG (2019); Aegir, Cowi e Pondera (2021).

Além das atividades da fase de instalação e comissionamento, é importante ressaltar o papel do porto base de instalação que atua como apoio para a pré-montagem e a instalação da usina eólica *offshore* e, portanto, deve estar localizado o mais próximo possível da área predefinida para a instalação da usina (AIT-ALLA et al., 2016; AKBARI et al., 2017; IRAWAN et al., 2018; GODEIRO, 2021).

As empresas mapeadas que executam as principais atividades da fase de instalação consideradas no estudo estão listadas no Apêndice G, e o potencial de atuação de empresas internacionais que possuem filiais no Brasil em outros setores é apresentado na Figura 6.

Figura 6: Atividades da fase de Instalação e Comissionamento com potencial atuação de empresas internacionais

Atividades	Serviço total de engenharia, aquisição, construção e instalação (EPCI)	Instalação da fundação	Instalação da subestação <i>offshore</i>	Construção da subestação <i>onshore</i>	Instalação do cabo de exportação <i>onshore</i>	Instalação de cabos <i>offshore</i>	Instalação da turbina	Porto base de instalação	Serviço logístico <i>offshore</i> (Coordenação da instalação e comissionamento)
Potencial atuação de empresas internacionais	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	○	✓
Filiais	RJ	RJ, PR, MG, SP	RJ, ES, SP	-	-	RJ, ES, MG, SP, SC, PR	RJ	-	SP; CE; RN; RJ; MA

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Em relação às quantidades de empresas mapeadas que atuam no Brasil, para essa fase, há: 3 empresas mapeadas de EPCI; 5 de instalação de fundação; 3 de instalação de subestação *offshore*; 4 de instalação de cabos *offshore*; 1 de instalação de turbinas; e 4 de serviços logísticos *offshore*. Para instalação de cabos de exportação *onshore*, não foram mapeadas empresas assim como para a construção de subestação *onshore*. Essa última justifica-se porque a construção *onshore* é

normalmente realizada por empresas locais. Quanto aos portos de instalação, também são relativos a cada localidade.

- **Atuação de PMEs na fase de Instalação e Comissionamento**

As principais atividades de instalação de usinas eólicas *offshore* são realizadas por grandes empresas que têm o *know-how* e os recursos necessários para isso. As PMEs estão quase exclusivamente engajadas como fornecedores de segunda camada⁷ nesta fase. Além disso, não há muitas possibilidades para inovar nas atividades de instalação devido às margens estreitas, alta aversão ao risco e intensidade de trabalho.

Apesar disso, há evidências claras de inovação em processo realizado por PMEs nesta fase. Os exemplos incluem a aplicação do *digital twin* no processo de instalação, os sistemas de gerenciamento de instalação, os acessórios/dispositivos de nacela autônomo, as embarcações de transferência aprimoradas (compensação de elevação e melhor gerenciamento de frota) e as valetadeiras submarinas avançadas para enterramento de cabos (ver Quadro 6).

Quadro 6: Exemplos de PMEs inovadoras - Instalação e comissionamento

Empresa	Descrição	Inovação
SENSEWind	A tecnologia SENSEWind é uma nacela auto-erigível que instala e faz manutenção em grandes turbinas eólicas sem guindastes especiais e navios-guindaste.	Solução inovadora, mais segura e automática para anexar e desmontar nacelas de turbinas eólicas.
Enshore	Valas submarinas - A Enshore fornece todos os níveis de serviços, desde o aluguel de ativos até o gerenciamento completo do projeto, engenharia e desenho de rotas.	Desenvolvimento de novas máquinas de abertura de valas.
C-Wind	A C-Wind fornece embarcações de transferência de tripulação dedicadas e aluguel de barcos para parques eólicos, oferecendo soluções econômicas e de alto desempenho para qualquer projeto.	Desenvolvimento do C-Wind Pioneer, navio de transferência mais seguro, rápido e ambientalmente adequado.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

⁷ A cadeia de suprimentos é estruturada em camadas de fornecedores, sendo classificados em fornecedores de primeira camada, segunda camada, terceira camada e da enésima camada. Os fornecedores que se relacionam diretamente com a usina eólica *offshore* são chamados de fornecedores de primeira camada, os quais são supridos pelos fornecedores de segunda camada (ou nível), e assim por diante (PIRES, 2004).

1.1.4. Operação e Manutenção

A fase de Operação e Manutenção de uma usina começa com o seu comissionamento e continua por um período de 20 a 25 anos, após o qual se iniciará o seu descomissionamento (POULSEN; HASAGER; JENSEN, 2017; POULSEN; LEMA, 2017). A operação da usina demanda atividades de gestão de segurança do trabalho, controle e operação dos ativos, monitoramento ambiental, administração do parque, supervisão das atividades marítimas, operação das embarcações, infraestrutura portuária, venda da energia produzida, dentre outras.

Já os serviços de manutenção envolvem atividades para assegurar a integridade e o funcionamento das turbinas e da infraestrutura elétrica, incluindo as manutenções preditivas, preventivas e reativas (SHAFIEE; BRENNAN; ESPINOSA, 2016; BVG, 2019).

As principais atividades inerentes à essa fase estão descritas no Quadro 7. No Apêndice H, mostra-se exemplos de empresas que atuam nessa fase.

Quadro 7: Principais atividades da fase de Operação e Manutenção

Atividades da fase de operação e manutenção	Descrição
Treinamento para operação	Qualificação da mão de obra para O&M.
Logística <i>onshore</i>	Envolve atividades logísticas de suporte <i>onshore</i> incluindo a infraestrutura portuária necessária, armazéns e planejamento logístico e operacional.
Logística <i>offshore</i>	Consiste em atividades de coordenação e operação de serviços marítimos necessários. Inclui coordenação marítima de embarcações, embarcações de transporte de pessoal (CTV), dados meteoceanográficos, dentre outras.
Inspeções de saúde e segurança	Considera as inspeções dos equipamentos utilizados no parque, assegurando que estejam de acordo com as obrigações e normas.
Manutenção da turbina	Congrega as atividades relacionadas à manutenção da turbina com objetivo de assegurar sua disponibilidade operacional. Inclui inspeção, reparo e eventual substituição de peças.
Manutenção do balanceamento da planta (Todos os ativos, exceto a turbina)	Inclui as atividades relacionadas à manutenção dos sistemas envolvidos no balanceamento da planta da usina, incluindo inspeção, reparo e eventual substituição de peças de fundações, cabos e subestações.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Além dessas atividades, existem outras, tais como: Gestão de O&M, Gestão do fluxo de trabalho diário; Coleta de dados de geração; Monitoramento remoto das turbinas e fundações; Gestão da logística de serviços de manutenção; Monitoramento remoto de cabos submarinos; e Monitoramento ambiental, Gestão da infraestrutura portuária, atividades gerenciais. A Figura 7 apresenta as atividades nas quais há empresas internacionais mapeadas com potencial atuação na cadeia de valor nacional, considerando as empresas que atuam no mercado internacional *offshore* e possuem filiais no Brasil em outros setores.

Figura 7: Atividades da fase de Operação e Manutenção com potencial atuação de empresas internacionais

Atividades	Treinamento para operação	Logística <i>offshore</i>	Inspecções de saúde e segurança	Manutenção da turbina	Manutenção do balanceamento da planta
Potencial atuação de empresas internacionais					
Filiais	RJ	-	SP, RS, RJ, MG, PE, AL, CE, ES, SC, PR, BA, GO, MT	RS, RJ, SP, CE, MG	SP, MG, RJ, PR, BA, CE

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Foram mapeadas 2 empresas com filiais no Brasil que possuem potencial de atuação no treinamento para operação; para a inspeção de saúde e segurança, 4 empresas; para manutenção das turbinas, 4 empresas; e para manutenção do balanceamento da planta, 7 empresas. Para a atividade de logística *offshore*, nenhuma empresa foi identificada.

- **Atuação de PMEs na fase de Operação e Manutenção**

Empresas de pequeno e médio porte que participam da cadeia de valor internacional têm encontrado oportunidades de inovação nas seguintes áreas: desenvolvimento de novos sensores para o monitoramento dos ativos; aplicação e uso de drones para inspeção; aplicações e uso de robôs para inspeção das fundações; modelagem e simulação da O&M utilizando princípios de gêmeo digital (*“digital twin”*);

desenvolvimento de sistemas de otimização de transporte de sobressalentes e equipe técnica.

O Quadro 8, apresenta exemplos de inovações desenvolvidas por PMEs do Reino Unido.

Quadro 8: Exemplos de PMEs inovadoras - Operação e Manutenção

Empresa	Descrição	Inovação
Transmission Dynamics	Produção de sensores que mapeiam dados de ambientes industriais de difícil acesso e utilizam esses dados para monitorar ativos.	Desenvolvimento de sistemas de autoaprendizagem com base nos dados do sensor para solução de problemas, diagnósticos e monitoramento de condições dos ativos.
Sennen Technologies	Sistemas de agendamento de operações marítimas com transporte de equipe técnica segura.	Ferramenta fácil de usar que integra muitos fluxos de dados, incluindo: SCADA, trabalhos de manutenção, programação de pessoal, dados meteoceânicos, e transporte e disponibilidade de navios.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

1.1.5. Descomissionamento

O descomissionamento corresponde às atividades de remoção dos componentes da infraestrutura da usina eólica *offshore* após o final da sua vida útil. Essa fase envolve, também, as atividades realizadas no porto de descomissionamento, o reuso, a reciclagem, a disposição final dos componentes descomissionados e os estudos ambientais (BVG, 2019).

Os componentes de descomissionamento incluem turbinas, fundações, cabos e subestações. As principais estratégias de descomissionamento são:

- Prolongamento da vida operacional por meio de avaliações de risco adicionais e, se necessário, substituição de componentes;
- Repotenciamento do local com novas turbinas. Essa ação pode exigir o descomissionamento dos principais equipamentos;
- Descomissionamento total do site.

Até 2021, 7 usinas eólicas *offshore* foram descomissionadas, as quais servem como base de aprendizado para o descomissionamento de futuras usinas, porém, há uma restrição relacionada ao porte (chegando a no máximo 10,5 MW) e às tecnologias

que já não são mais utilizadas devido ao avanço tecnológico. Considerando que até 2021 nenhuma usina de grande porte foi desativada, a indústria de O&G *offshore* possui oportunidade de atuar nesse mercado. O Apêndice I mostra as empresas mapeadas que atuam nessa fase.

Essas empresas apresentaram significativa participação no setor de O&G *offshore* em todas as atividades, e os portos de descomissionamento apresentaram adaptações que foram desenvolvidas para atender ao descomissionamento de plataformas, as quais podem servir de boas práticas ou como compartilhamento de infraestrutura para essa fase.

A Figura 8 apresenta o potencial de atuação de empresas internacionais para cada atividade da fase de Descomissionamento da cadeia de valor nacional, considerando as empresas que atuam no mercado internacional *offshore* e possuem filiais no Brasil em outros setores.

Figura 8: Atividades da fase de Descomissionamento com potencial atuação de empresas internacionais

Atividades	Descomissionamento da turbina	Descomissionamento da fundação	Descomissionamento dos cabos	Descomissionamento das subestações	Porto de descomissionamento	Serviços de reuso, reciclagem ou disposição final
Potencial atuação de empresas internacionais						
Filiais	RJ	RJ	RJ	RJ, SP, ES	-	-

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Com base no estudo foi identificada apenas 1 empresa para o descomissionamento da turbina; 1 para o descomissionamento da fundação; 2 para o descomissionamento de cabos; e 3 para descomissionamento de subestações. Não foi mapeada nenhuma empresa para os serviços de reuso, reciclagem ou disposição final. Já os portos de descomissionamentos são referentes a cada região.

- **Atuação de PMEs na fase de Descomissionamento**

Os principais temas de inovação desenvolvidos pelas PMEs internacionais estão relacionados a iniciativas de economia circular, como reforma, reutilização e reciclagem de equipamentos da usina, maximizando a geração de valor ao final de sua vida útil. Um exemplo disso é o caso da Ørsted, um dos maiores proprietários de usinas eólicas *offshore*, que declarou sua intenção de estocar as pás de turbinas eólicas em desuso até que uma solução de economia circular viável esteja disponível.

1.1.6. Casos internacionais na cadeia de valor da eólica *offshore*

A experiência de países com cadeias de valor da eólica *offshore* maduras pode contribuir para o desenvolvimento da cadeia nacional. Assim, essa seção apresenta algumas experiências de casos que contribuíram para o desenvolvimento da cadeia de valor da eólica *offshore* do Reino Unido e que podem ser consideradas como boas práticas para o desenvolvimento da cadeia eólica *offshore* brasileira.

- **Porto de Blyth**

O primeiro caso contempla o Porto de Blyth, considerado relevante para a formação de *clusters* industriais. Aqui são analisados os seus principais stakeholders e seu impacto no desenvolvimento da cadeia de valor.

Caso 1: Efeito Cluster - Porto de Blyth



Port of Blyth North Side: ORE Catapult as the catalyst

Resumo

Nos últimos 10 anos, o Porto de Blyth, na costa nordeste do Reino Unido, transformou-se de um porto dependente de carvão, granéis sólidos e exportações de contêineres para ser reconhecido como um dos portos de suporte à energia *offshore*.

O sucesso do porto é atribuído ao *cluster* de empresas, por meio do qual organizações complementares foram atraídas para criar uma rede de apoio gerando um ecossistema cujo conjunto é maior do que a soma das partes individuais.

No caso de Blyth, o impacto se estende em todo o espectro de energia *offshore* e *onshore*, incluindo Óleo e Gás, energia renovável, distribuição de eletricidade, tecnologias de bateria (armazenamento de energia), pesquisa e desenvolvimento, centro de testes, demonstração e treinamento.

Histórico

Principais stakeholders: O Porto de Blyth é um *Trust Port*, o que significa que existe não apenas para trazer um retorno comercial, mas também para contribuir com o desenvolvimento da região. Como tal, os municípios e conselhos locais são de suma importância, assim como as agências de desenvolvimento econômico, como Advance Northumberland, North of Tyne Combined Authority e North East Local Enterprise Partnership. A *Offshore Renewable Energy (ORE) Catapult*, é uma organização estratégica, dentro do porto, e garante que parcerias sejam mantidas entre a indústria global *offshore* com o Governo do Reino Unido. Além disso, a vasta gama de interessados em negócios, localizados na área do porto, garante que o marketing 'boca a boca' continue a promover o local como um ótimo lugar para negócios relacionados à energia.

Cadeia de valor: Até o momento, o porto atraiu organizações que abrangem os aspectos de construção, operação e manutenção, P&D e inovação, desenvolvimento da força de trabalho e descomissionamento de energia *offshore*, incluindo a eólica *offshore*. Organizações locais como a Royal IHC, Osbit, Texo e Enshore são ativas na construção da indústria eólica *offshore* do Reino Unido.

Mais recentemente, a British Volt iniciou a construção de uma *Gigafactory* no local de uma antiga estação de energia movida a carvão. Além disso, também foi anunciado no verão de 2021 que a JDR Cables abriria sua nova instalação de produção de cabos para atender a demanda atual e futura de usinas eólicas *offshore* do Reino Unido, bem como de outros países da Europa.

Outros membros da cadeia de valor incluem os desenvolvedores EDF Energy Renewables, proprietários e operadores do parque eólico Blyth *Offshore Demonstrator* de 99,9 MW, dos quais 41,5 MW já estão em operação, e o restante programado para ser construído em 2023. Isso está sendo realizado em conjunto com a ORE Catapult, que possui a maior instalação de teste de pás - uma instalação que a empresa GE está usando extensivamente.

Blyth também é o ponto de desembarque para cabos de interconexão da Bélgica e da Noruega, os quais apoiam a posição de segurança energética do Reino Unido.

Tecnologia: O Porto de Blyth também foi o local das primeiras duas turbinas *offshore* do Reino Unido, erguidas em 2001, compreendendo 2 máquinas Vestas de 2 MW a aproximadamente 2,5 km da costa. Essas turbinas foram desativadas em 2019. Além disso, o porto está situado no meio da costa leste do Reino Unido com localização estratégica para dar suporte aos parques eólicos *offshore* do país.

Concessões, políticas e outros financiamentos: Um veículo de financiamento de concessões chave, gerenciado a partir da base da ORE Catapult no Porto de Blyth, é o programa Tecnologia e Inovação para Crescimento Verde em Renováveis *Offshore* (TIGGOR) (ver Caso 2). A *Offshore Wind Growth Partnership* (OWGP) também é gerenciada pela ORE Catapult e compreende um conjunto de programas de suporte de negócios para a cadeia da eólica *offshore*.

Questões-chave

O Porto de Blyth teve que se reinventar, pois dependia de indústrias decadentes, como o carvão, fundição de alumínio, papel, exportação de resíduos (para a usina de transformação de resíduos em energia da UE) e granéis sólidos.

Requisitos principais para o sucesso:

- Agência de desenvolvimento econômico e apoio do governo regional;
- Definição de uma visão e vontade de investir em infraestrutura de teste e demonstração de turbinas eólicas *offshore* antes do mercado ser totalmente visível e ter atraído total apoio do governo (ou seja, 2008-2010);
- Construção de uma marca de múltiplas partes interessadas. Energy Central (agora conhecido como Northumberland Energy Park) para promover a infraestrutura portuária para potenciais empresas e investidores;
- Criação de uma cultura de *cluster* e ecossistema dentro do porto para promover as interações de negócios;

<ul style="list-style-type: none"> • Comunicações constantes sobre atividades, iniciativas, histórias de sucesso etc.; • Despertar a imaginação das gerações mais jovens com a criação do Blyth STEM Hub, que conta com um forte apoio das partes interessadas em todo o porto. <p>Lacunas e soluções para alcançar o sucesso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O apoio da diretoria do Porto de Blyth foi essencial para criar os ativos de atração daqueles que formavam o cluster. Isso exigiu novos membros do conselho com conhecimento das indústrias de energia <i>offshore</i> e com a capacidade de avaliar e tomar decisões de investimento de forma estratégica; • Foco em alta qualidade, atendimento ao cliente e gerenciamento eficiente. No passado, isso não tinha grande destaque nos conjuntos de indicadores dentro do porto. Com os portos concorrentes adotando uma abordagem mais profissional, era essencial que o Porto de Blyth fizesse o mesmo; • Visibilidade em fóruns de eólica <i>offshore</i>, como grandes conferências de energia, com estandes e apresentações comuns.
<p>Aplicabilidade ao Brasil</p> <p>O modelo de cluster de empresas é adequado para o Brasil. O Porto de Blyth é um excelente exemplo do que pode ser alcançado se houver uma convergência de apoio das partes interessadas. Se os catalisadores e a infraestrutura podem ser implantados em um porto apropriado no Brasil, então não há razão para que resultados semelhantes não possam ser alcançados.</p>
<p>Aprendizagem para o Brasil</p> <ul style="list-style-type: none"> • O efeito de cluster de empresas não acontece a curto prazo. É uma iniciativa de médio a longo prazo que requer paciência, foco, tenacidade e gerenciamento constante para ser alcançado e precisa de recursos dedicados e investimentos; • Incentivos locais, como: status de zona econômica exclusiva, concessões a atividades de inovação, apoio ao desenvolvimento da força de trabalho e investimento em infraestrutura são pré-requisitos para atrair empresas.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

- **Programa TIGGOR**

O Caso 2 exemplifica como as agências locais de desenvolvimento econômico podem facilitar e permitir a cooperação entre partes interessadas, sejam privadas ou públicas, para desenvolver a cadeia de valor da eólica *offshore*, considerando as PMEs.

Caso 2: TIGGOR
<p>Resumo</p> <p>Um dos programas regionais mais recentes do Reino Unido para facilitar a cooperação entre proprietários de usinas eólicas <i>offshore</i>, PMEs e microempresas é o programa <i>Technology, Innovation and Green Growth for Offshore Renewables (TIGGOR)</i>. O programa foi lançado em 2020 na área metropolitana do norte de Tyne, no nordeste da Inglaterra, nas proximidades da grande zona de desenvolvimento de eólica <i>offshore</i> do Dogger Bank.</p> <p>A primeira chamada de projetos da TIGGOR focou em 4 áreas temáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otimização e confiabilidade da O&M com uso de IA; • Robótica Inteligente aplicado a O&M; • Digitalização e aplicação do <i>Digital Twin</i> nos ativos da usina eólica <i>offshore</i>;

- Temas livres (para incluir tópicos como: o monitoramento e proteção de cabos de longa distância, previsão de falha do cabo, confiabilidade do cabo dinâmico, sistemas de energia inteligentes, dentre outros).

Seguindo um rigoroso processo de solicitação de propostas, gerenciado pela ORE Catapult, 5 projetos foram escolhidos para apoio, cobrindo cada uma das áreas acima, e totalizando £ 1,7M. Uma segunda chamada é esperada no início de 2022, com um orçamento similar.

Nota: Para serem elegíveis para financiamento, todas as PMEs devem estar localizadas na área metropolitana do norte de Tyne.

Histórico

Principais stakeholders: desenvolvedores de usinas eólicas *offshore* (EDF Energy Renewables and Equinor), financiadores [North of Tyne Combined Authority (município)], gerentes de projeto (*Offshore Renewable Energy Catapult*), a North East Local Enterprise Partnership e as empresas ganhadoras:

- Dinâmica da máquina do solo (SMD): enterramento e monitoramento de cabos;
- Kinewell Energy: Projeto de cabo e otimização de *layout*;
- UnaSys: uso do digital twin de ativos;
- Dinâmica de transmissão: monitoramento de ativos *in-situ*;
- Trident Dynamics: plataformas digitais para logística *offshore*;

Cadeia de valor: O foco da primeira chamada esteve focado na fase de O&M da cadeia de valor da eólica *offshore*.

Concessão: A subvenção TIGGOR exige que a empresa bem-sucedida forneça 25% de financiamento de acordo com as regras de auxílios estatais da UE.

Questões-chave

TIGGOR foi projetado para facilitar o trabalho entre grandes corporações e PMEs, bem como apoiar a adoção mais rápida de novas tecnologias e inovações de empresas em estágio inicial.

Requisitos principais para o sucesso:

- Garantir a EDF Energy Renewables e/ou Equinor como parceiros de mercado e, ao fazer isso, criar um grupo de partes interessadas de primeiros usuários.

Lacunas e soluções para alcançar o sucesso:

Certificar-se de que:

- Departamentos de compras dos desenvolvedores não sufoquem o processo de inovação;
- O *Know-how* comercial nas PMEs é desenvolvido de forma adequada para integrar os desenvolvedores; e
- A posição IP é robusta e defensável.

Ações para alcançar o sucesso:

- Acesso seguro aos ativos dos desenvolvedores (físicos, humanos, etc.) para demonstrar e refinar a tecnologia da PMEs;
- Concordar com o trabalho em conjunto.

Aplicabilidade ao Brasil

Para PMEs e empresas em estágio inicial, a entrada no mercado brasileiro pode ser muito burocrática e cara. Um equivalente TIGGOR no Brasil permitiria que as tecnologias fossem aceleradas pelo desenvolvedor do parque eólico, com todos os benefícios de marketing associados.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

1.2. Potencial da cadeia de valor nacional

O Brasil ainda não possui uma cadeia de valor nacional de eólica *offshore*, razão pela qual foram identificadas empresas nacionais com potencial para participar de uma futura cadeia de valor no país, tendo como base o mapeamento de empresas do setor de O&G *offshore*, da eólica *onshore* e da indústria marítima, tendo em vista a sinergia existente entre esses setores.

A partir das informações do portfólio de serviços e produtos das empresas, foram identificadas e classificadas, por fase da cadeia de valor, empresas que têm potencial para atuar na cadeia de valor da eólica *offshore* do Brasil. Ressalta-se que as empresas multinacionais, que possuem filiais no Brasil, já foram contempladas no tópico 1.2. Esta seção, portanto, contempla apenas as empresas fundadas no Brasil e que possuem potencial para atuar na cadeia eólica *offshore*.

1.2.1. Projeto (Desenvolvimento e Concessão)

De acordo com a análise realizada, a Figura 9 apresenta algumas empresas cujas atividades têm interface com a oferta de serviços e produtos para a fase do Projeto (Desenvolvimento e Concessão) da cadeia de valor.

Figura 9: Exemplos de potenciais empresas - Projeto (Desenvolvimento e concessão)

Atividades	Desenvolvimento do projeto	Estudos ambientais	Avaliação de recursos meteoceanográficos	Estudos geológicos e hidrográficos	Engenharia e consultoria
Potencial existente de empresas					
Exemplos de potenciais empresas	Casa dos ventos, BI Holding Participações e investimentos, IBITU Energia, Eólica Tecnologia, Servtec, Força Eólica do Brasil, Internacional Energias, Prumo Logística, Camargo Schubert Engenharia	SUBGEO, Veritas	SUBGEO, Veritas, ISLER, Casa dos ventos	Fundaff engenharia, SUBGEO	Dettare Serviços de Engenharia
Região de atuação	SP, CE, PE, PR	SP, RN	SP, RN	ES, SP	BA

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Observa-se a presença de empresas com potencial nas 5 principais atividades da fase de Desenvolvimento de Projeto e Concessão. Todas as empresas identificadas participam da cadeia de valor da eólica *onshore* e, algumas, da cadeia de óleo e gás *offshore*.

As empresas brasileiras que podem potencialmente atuar na fase do Projeto são majoritariamente as de médio e grande porte e com foco em especial no que diz respeito à atividade de desenvolvimento do projeto, visto que essa fase envolve riscos elevados e demanda investimentos significativos. Dentre essas empresas, estão:

- A BI Holding Participações e Investimentos, que desenvolve o projeto da usina eólica *offshore* de Caucaia, no Estado do Ceará;
- A empresa Internacional Energias, que desenvolve o projeto da usina eólica *offshore* no estado do Rio Grande do Norte, e outras como as empresas Força Eólica do Brasil e Prumo Logística;
- A empresa Veritas Brasil, que possui experiência em serviços de estudos ambientais e avaliação de recursos meteoceanográficos no setor eólico *offshore*; e
- O Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER), que também possui experiência na medição do recurso eólico *offshore* e está localizado no estado do RN.

1.2.2. Produção e Aquisição

Esta fase é bastante peculiar, uma vez que os principais componentes da turbina e do BoP são fabricados a pedido (*make-to-order*⁸) e com as características adequadas ao perfil específico do recurso vento e do solo marinho no qual o parque eólico será instalado. Embora haja no Brasil plantas de fabricação de turbinas eólicas *onshore*, a fabricação local de turbinas *offshore* deve demandar novas instalações, uma vez que a turbina eólica *offshore* difere da turbina eólica *onshore*, principalmente nas suas dimensões e peso. Por exemplo, a pá de uma turbina eólica *onshore* de 4,2 MW de potência nominal mede 72 m, enquanto a pá de uma turbina eólica *offshore* de 12 MW mede 107 m.

⁸ *Make-to-order*: estratégia de produção em que o fornecedor inicia a fabricação dos componentes somente após o cliente efetuar o pedido.

A Figura 10 apresenta uma lista de empresas cujas atividades se relacionam com a oferta de serviços e produtos com foco na fase de Produção e Aquisição.

Figura 10: Exemplos de potenciais empresas - Produção e Aquisição

Atividades	Turbina completa	Turbina (torre)	Turbina (nacele)	Turbina (rotor e pás)	Fundação	Peça de transição	Cabos	Subestação offshore	Subestação onshore
Potencial existente de empresas	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	○	✓
Exemplos de potenciais empresas	Grupo Tecnofix, Metaltork, EMALTO Estruturas Metálicas, Gerdau, Tintas Corcovado, Uniforja, USINAS SIDERURGICAS DE MINAS GERAIS S/A, WEG	INDUTECH Industrial e Montagem Ltda.	BR Metals Fundições, Bardella, Ciser, Indufix, Blutrafos, Comtrato	AERIS, Tecsis, CPIC, Novapol, Indufix, Nexbolt, Tecnofix	Dois A Engenharia e Tecnologia LTD (GBS), Eletromatrix Indústria Galvanica Ltda	-	Indústria Montagem e Instalações Gimi	-	Enpecel, Iberobras
Região de atuação	SP, MG, SC	RJ	SC, MG, SP, PR	CE, SP, BA, ES	RN, RJ	-	SP	-	CE, RN

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Na cadeia de valor internacional, a turbina completa é fornecida por empresas de grande porte que detêm o conhecimento do processo de fabricação. Na Figura 9, a WEG, empresa brasileira fabricante de turbinas eólica *onshore*, é indicada como potencial fabricante de turbinas eólicas *offshore*. Foram ainda identificadas oportunidades de potenciais fornecedores para as fabricantes de turbinas, como empresas fornecedoras de aço (Usinas siderúrgicas de Minas Gerais S/A, Gerdau); estruturas metálicas (EMALTO Estruturas Metálicas); parafusos e peças especiais de fixação (Metlaltork); tratamento térmico (Eletromatrix Indústria Galvanica Ltda); e tintas especiais (Tintas Corcovado).

Quanto às empresas fabricantes de torres, foi observado que, devido à diferença de materiais utilizados, predominantemente, no ambiente *onshore* (utiliza concreto) e *offshore* (utiliza aço), as empresas fabricantes de torres eólicas *onshore* (em material concreto) teriam baixo potencial de atuação no segmento *offshore*. Já a INDUTECH é um exemplo de possível atuação, pois fornece estruturas de aço que podem ser utilizadas pelos fabricantes de torres, naceles e outros componentes da turbina.

A estrutura da nacele e parte do rotor possuem diversos subcomponentes específicos, os quais poderiam ser fornecidos por empresas brasileiras e também por

empresas internacionais com filiais no país. A fabricação de pás poderia ser realizada pelas empresas AERIS e Tecsis, que fornecem esses componentes para o setor eólico *onshore*, porém, se recomenda uma “tropicalização” da tecnologia da pá que operará no ambiente marítimo.

O fornecimento de fundações do tipo *Gravity Based System* (GBS) pode ser realizado por empresas que fabricam e constroem fundações e torres das turbinas eólicas *onshore*. Já para tipos de fundações de aço (monopile, jaqueta etc.), peças de transição e subestação *offshore*, há a necessidade de identificar empresas da cadeia de valor global que tenham interesse de participar da cadeia no Brasil.

Quanto ao fornecimento de subestações *onshore*, este poderia ser feito por empresas que já constroem subestações para a cadeia de eólica *onshore*, como a Enpecel e a Iberobras.

Empresas de pequeno e médio porte possuem alto potencial para atuar no fornecimento de subcomponentes e peças para as empresas de primeira camada (fabricantes de turbinas e fundações). Além das principais atividades agrupadas na Figura 9, outras empresas podem fornecer serviços específicos para esta fase, como: empresas de serviços de tratamento térmico para peças e dispositivos da turbina e fundação, fabricantes de turbinas de balizador aeronáutico, empresas certificadoras de conteúdo local e fornecedores de para-raios.

1.2.3. Instalação e Comissionamento

Na fase de instalação e comissionamento, as operações possuem alta complexidade devido não só à necessidade de manuseio dos componentes com grandes dimensões a serem instalados, mas também às variações meteorológicas inerentes ao ambiente marítimo. Assim, empresas do setor marítimo de Óleo e Gás *offshore* já têm experiência para atuar no ambiente *offshore*, enquanto as empresas de eólica *onshore* têm o conhecimento para lidar com os componentes que são semelhantes, como as fundações, subestações e cabos.

Assim, as empresas desses setores foram mapeadas e classificadas dentro das nove atividades da fase de instalação e comissionamento, conforme apresentado na Figura 11.

Das empresas mapeadas, a maioria é de médio e grande porte. Observa-se que as empresas que atuam na construção de usinas eólicas *onshore*, incluindo a fundação, têm potencial para realizar a instalação de fundações *offshore*, como a Cortez Engenharia e a Dois A Engenharia e Tecnologia LTDA.

Quanto às empresas que possuem *expertise* em construção de subestação e redes de distribuição de energias, assim como em obras relacionadas ao BoP, estas podem, potencialmente, atuar na construção da subestação *onshore*, havendo a possibilidade ainda de atuar na instalação de subestação *offshore*. Algumas, como a empresa SIMM Soluções, poderiam, potencialmente, participar também da instalação de cabos de exportação *onshore*.

Figura 11: Exemplos de potenciais empresas – Instalação e comissionamento

Atividades	Serviço total de engenharia, aquisição, construção e instalação (EPCI)	Instalação da fundação	Instalação da subestação <i>offshore</i>	Construção da subestação <i>onshore</i>	Instalação do cabo de exportação <i>onshore</i>	Instalação de cabos <i>offshore</i>	Instalação da turbina	Porto base de instalação	Serviço logístico <i>offshore</i> (Coordenação da instalação e comissionamento)
Potencial existente de empresas									
Exemplos de potenciais empresas	-	Cortez Engenharia; Dois A Engenharia e Tecnologia LTD.	Enserv Engenharia; SIMM Soluções	Construtora Sucesso; Enserv Engenharia; SIMM Soluções	SIMM Soluções	Siem Offshore	-	-	Chroma Engenharia; Cortez Engenharia; Dois A Engenharia e Tecnologia LTD.; Starnav Serviços Marítimos; Asgaard Navegação S/A; Bram Offshore Transportes Marítimos Ltda.; Companhia Brasileira de Offshore; Dof Subsea Brasil Serviços Ltda; Internacional Marítima Ltda.; Maersk Supply Service Apoio Marítimo Ltda.; Marlin Navegação S/A; Tranship Transportes Marítimos Ltda.; Mar Aberto - Pesca, Transporte e Apoio Marítimo Eireli
Região de atuação	-	CE; RN	PE; RN	PI; PE; RN	RN	RJ	-	-	SP; CE; RN; RJ; MA

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Quanto à atividade de serviço logístico, observa-se sinergia entre empresas que atuam no gerenciamento da construção de usinas eólicas *onshore* e a atividade de coordenação da instalação e comissionamento de usinas *offshore*, como a Chroma Engenharia, Cortez Engenharia, Dois A Engenharia e Tecnologia LTDA. Além disso, considera-se que as empresas de apoio marítimo que atuam no setor de O&G podem prestar serviços logísticos para o setor de eólica *offshore*. Em níveis secundários, identifica-se a possibilidade de atuação da empresa Companhia Brasileira de

Offshore, na área de aluguel de embarcações para atividades, e a empresa Tranship Transportes Marítimos Ltda., como fornecedora de rebocadores.

Por fim, também foram identificadas as seguintes empresas com potencial para atuar em atividades secundárias: Wilson Sons UltraTug *Offshore*, com potencial atuação na atividade de operações portuárias para o setor eólico *offshore* devido à sua expertise em portos; e a empresa Conecta Empreendimentos, com potencial atuação no geo-gestão para atividades de instalação de usinas eólicas *offshore*.

1.2.4. Operação e Manutenção

De acordo com a análise realizada dentre os setores selecionados, a Figura 12 apresenta uma lista de empresas cujas atividades podem incluir a oferta de serviços com foco na operação e manutenção da cadeia.

Figura 12: Exemplos de potenciais empresas - Operação e Manutenção

Atividades	Treinamento para operação	Logística onshore	Logística offshore	Inspecções de saúde e segurança	Manutenção da turbina	Manutenção do balanceamento da planta
Potencial existente de empresas						
Exemplos de potenciais empresas	-	Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP	Starnav Serviços Marítimos, Tranship Transportes Marítimos Ltda, Mar Aberto, Internacional Marítima	RBNA Consult, Pro Altitude Soluções	Eletromatrix, Elipsea Technology Ltda, Eólica Tecnologia, SIMEX - Sistemas de Inspecções Remotas, Tintas Corcovado, ISI-ER, Unax Offshore	Eletromatrix, RMS Engenharia, SIMEX - Sistemas de Inspecções Remotas, SIMM Soluções, Token Engenharia
Região de atuação	-	CE	RJ, RN, MA	SP, RJ	RJ, PE, RN	RJ, CE, RN

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Para a fase de Operação e Manutenção foram identificadas empresas de pequeno, médio e grande porte brasileiras que poderiam atuar na cadeia de valor da eólica *offshore*. Para a logística *onshore* foi identificado o complexo do Pecém⁹ no Ceará, o qual poderia fornecer infraestrutura portuária para a fase de Operação e Manutenção de usinas eólica *offshore*. Empresas de logística *offshore*, que atuam no setor marítimo, também têm potencial para dar apoio marítimo necessário. Além disso,

⁹ Complexo portuário localizado no estado do Ceará

foram identificadas empresas brasileiras que podem atuar na manutenção da turbina e dos demais componentes do balanceamento da planta. A atividade de treinamento para operação foi a única da fase de Operação e Manutenção para qual não foram identificadas empresas nacionais com potencial de atuação.

Além das atividades principais apresentadas na Figura 11, outros fornecedores de serviços foram identificados com potencial de atuação na cadeia, tais como: fornecedores de comunicação entre a usina e o ONS (Briskcom Business Technology); fornecedores de dispositivos de iluminação e som (Eletronaal Indústria e Comércio LTDA); fornecedor de balizador aeronáutico (Produtos Eletrônicos Frata), fornecedor de manutenção de para-raios (Supreme Para-raios); e *market place* de produtos e serviços para O&M de usinas (Supply Radar).

1.2.5. Descomissionamento

Dentre os setores selecionados, não foram encontrados exemplos de empresas brasileiras que poderiam prestar serviços de descomissionamento. Por outro lado, tendo em vista o avanço de atividades de descomissionamento de plataformas de Óleo e Gás *offshore*, o país deve desenvolver *know-how* para tal atividade nos próximos anos, e as empresas que prestarem serviços nesse setor terão potencial de inserção na cadeia de valor da eólica *offshore* nessa fase.

1.3. Gargalos e oportunidades

Com base na análise da cadeia internacional, foi analisado o potencial da cadeia de valor da eólica no Brasil, conforme mostra a Figura 13, com o objetivo de identificar os gargalos e oportunidades para a formação da cadeia de valor da eólica *offshore* brasileira. Aliado a isso, foram feitas entrevistas com *stakeholders* no âmbito internacional e nacional, para coleta de informações sobre os gargalos e possíveis oportunidades para o Brasil.

As atividades em que há empresas internacionais e nacionais com potencial atuação na cadeia de valor são representadas com o símbolo verde, demonstrando uma oportunidade para a cadeia nacional. As atividades na cor amarela possuem empresas apenas de um tipo (empresas nacionais ou filiais internacionais), demonstrando também uma oportunidade para a cadeia nacional. Já aquelas que estão categorizadas com símbolos em vermelho, indicam um gargalo para o desenvolvimento da cadeia, visto que não foram identificados potenciais empresas nacionais nem filiais de empresas internacionais.

Figura 13: Mapeamento do potencial da cadeia de valor da eólica offshore no Brasil



Fonte: Elaborado pelo o BEP (2022).

a. Gargalos

G1. Ausência de infraestrutura portuária adequada para armazenamento, movimentação e pré-montagem de componentes para a instalação de usinas eólicas offshore

Considerando os requisitos do setor eólico *offshore*, que envolve a movimentação de componentes de grandes dimensões, a infraestrutura portuária do país é considerada como um gargalo para o desenvolvimento do setor, especialmente no que se refere a portos de instalação e de descomissionamento, que demandam requisitos mais específicos, como áreas de armazenamento, áreas de manuseio, áreas de pré-montagem, capacidade de suporte de carga, profundidade do cais, dentre outros.

G2. Inexistência de leilões regulados para contratação de energia por essa fonte

Em razão do alto valor dos primeiros projetos eólicos *offshore*, é importante que sejam fornecidos incentivos para o desenvolvimento desses projetos. Tais subsídios podem ser fornecidos pela contratação de energia no ambiente de contratação regulada (ACR), conforme ocorre no desenvolvimento da eólica *onshore*. Na contratação utiliza-se a política de *feed-in*, em que uma tarifa de compra de energia é estabelecida por um período de 20 anos e corrigida anualmente pelo IGP-M.

G3. Imaturidade técnica de algumas empresas potenciais para participar da cadeia de valor

A cadeia eólica *offshore* possui uma imaturidade técnica em algumas atividades de fabricação de componentes, como por exemplo fundações de aço e peças de transição. Para estas atividades não foram identificadas empresas que atuam no Brasil, pois são componentes não utilizados nas indústrias de O&G *offshore* e eólica *onshore*. Outra atividade crítica identificada em entrevistas com *stakeholders* foi o serviço de instalação de turbinas eólicas *offshore*.

G4. Falta de *know-how* para instalação de turbinas eólicas offshore

No Brasil ainda não há usinas eólicas *offshore*. Dessa forma, não há empresas, equipamentos e mão de obra com experiência em instalação de turbinas *offshore*. Sendo essa a atividade mais complexa do ciclo de vida, pela movimentação e manuseio dos grandes componentes com dimensões e peso elevado, há necessidade em importar mão de obra com expertise para a realização dessas.

G5. Reduzida disseminação de conhecimento e informações sobre o setor eólico offshore

Nas entrevistas foi identificado que há pouca disseminação de conhecimento e informações no mercado brasileiro acerca do potencial do setor eólico *offshore* e do papel de cada um dos *stakeholders* na cadeia de valor, bem como os caminhos que eles devem seguir para se inserirem nessa cadeia.

G6. Inexistência de um programa de desenvolvimento industrial para o setor eólico offshore

Dados das principais instituições globais do setor de energia (IEA, 2021; IRENA, 2021) apontam que a eólica *offshore* terá maior participação na matriz energética dos países em 2050 e também será uma das principais fontes para a produção do hidrogênio verde. O Brasil, com grande potencial para esta fonte, pode elaborar um programa de desenvolvimento industrial específico para o setor.

G7. Ausência de participação da energia eólica offshore na matriz energética

No plano decenal de energia 2022 – 2031, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), não há indicativo de meta sobre a participação da fonte eólica *offshore* na matriz energética brasileira para os próximos anos; embora considere a tecnologia eólica *offshore* como candidata a expansão no país resultante da redução de custos observada em outros países e seu potencial fornecimento para a produção de hidrogênio verde.

G8. Ausência de embarcações no Brasil especializadas na instalação de usinas

A fase de instalação da usina eólica *offshore* requer embarcações e equipamentos de movimentação especializados capazes de suportar a dimensão e o peso dos

componentes da turbina. Essas embarcações são escassas e no Brasil são inexistentes.

b. Oportunidades

O1. Indústria nacional diversificada

O Brasil é um país com base industrial diversificada e experiente que pode dar suporte ao surgimento de novos setores econômicos, como seria o caso da eólica *offshore*. Assim como ocorreu na Alemanha, devido à alta industrialização, houve a inserção de empresas industriais nacionais na nova cadeia de valor.

O2. Indústria eólica *onshore* madura

O Brasil possui uma indústria eólica *onshore* madura com 6 fábricas de aerogeradores: GE (Bahia), Vestas (Ceará), Siemens Gamesa (Bahia), Wobben (São Paulo), WEG (Santa Catarina), e Nordex (Bahia); e 3 fábricas de pás: Aeris (Ceará), LM Wind (Pernambuco) e Tecsis (Bahia). Quase todas essas empresas também são fabricantes de aerogeradores e pás eólicas *offshore* no mercado internacional, com potencial para se inserirem no mercado brasileiro.

O3. Indústria de O&G *offshore* madura

A indústria de O&G *offshore* brasileira atua nos estados onde estão sendo realizados estudos para implantação de usinas eólicas *offshore*. Pela presença dessa indústria madura local, que possui sinergias com a eólica *offshore*, seria possível considerar a sua expertise como uma oportunidade para o desenvolvimento da eólica *offshore*.

O4. Integração com empresas do mercado de eólica *onshore* para facilitar a tropicalização

Com base na experiência da indústria eólica *onshore*, foi observado que a tecnologia desenvolvida na Europa possui diferenças para a operação quando comparadas ao ambiente brasileiro. Assim, as empresas passaram a adaptar, ao longo do tempo, a tecnologia eólica *onshore* para as condições específicas da região, num processo conhecido como “tropicalização”. É esperado que a indústria eólica *offshore* nacional também necessite adaptar a tecnologia existente ao contexto local. Para isso, a

integração com empresas do mercado eólico *onshore* seria uma oportunidade para facilitar o processo de tropicalização da tecnologia.

O5. Utilização de experiência na formação da cadeia eólica *onshore*

A cadeia de valor da energia eólica *onshore* desenvolveu-se no Brasil de forma rápida e eficiente, em um período de menos de 10 anos. As boas práticas observadas no desenvolvimento dessa cadeia, considerando as estratégias para atração de empresas e otimização de processos, podem ser consideradas e utilizadas na formação da cadeia eólica *offshore* nacional.

O6. Atuação de filiais de empresas internacionais no Brasil

A existência de filiais de empresas internacionais que atuam na cadeia de valor da eólica *offshore* em mercados desenvolvidos representa uma oportunidade para que essas empresas passem a fornecer tais componentes/serviços na cadeia nacional. Dentre as principais atividades em que essas empresas apresentam oportunidades de atuação, estão:

- Desenvolvimento do projeto
- Estudos ambientais
- Avaliação de recursos meteoceanográficos
- Estudos geológicos e hidrográficos
- Serviços de Engenharia
- Fornecimento da turbina (completa, nacelle, torre, rotor, pás)
- Fornecimento de fundações
- Fornecimento de cabos
- Fornecimento de subestação *offshore*
- Fornecimento de subestação *onshore*
- Serviços EPCI
- Instalação da fundação
- Instalação da subestação *offshore*
- Construção da subestação *onshore*
- Instalação de cabos *offshore*
- Instalação da turbina
- Serviço logístico *offshore*
- Treinamento para operação
- Inspeções de saúde e segurança
- Manutenção da turbina
- Descomissionamento da turbina
- Descomissionamento da fundação
- Descomissionamento dos cabos
- Descomissionamento das subestações

O7. Atuação de empresas nacionais no fornecimento de produtos e serviços na primeira camada

A existência de empresas nacionais que atuam em setores com sinergias com o setor de energia eólica *offshore*, como O&G *offshore*, eólica *onshore* e indústria naval é uma oportunidade para o fornecimento de componentes/serviços para a cadeia de valor, visto que essas empresas podem atuar no fornecimento de primeira camada. As empresas que se destacam com potencial são, em sua maioria, grandes empresas, visto que se tratam de atividades especializadas de alto investimento.

No entanto, apesar do potencial de atuação, estas empresas possivelmente teriam que realizar investimentos para adaptar suas atividades. Dentre as principais atividades em que essas empresas apresentam oportunidades de atuação, encontram-se:

- Instalação de cabos de exportação *onshore*
- Desenvolvimento do projeto
- Estudos ambientais
- Avaliação de recursos meteoceanográficos
- Estudos geológicos e hidrográficos
- Engenharia e consultoria
- Fornecimento da turbina (torre e pás)
- Fornecimento de fundações (GBS)
- Fornecimento de cabos
- Fornecimento de subestação *onshore*
- Instalação da fundação
- Instalação da subestação *offshore*
- Construção da subestação *onshore*
- Instalação de cabos *offshore*
- Instalação da turbina
- Serviço logístico *offshore*
- Logística *onshore* (CIPP)
- Logística *offshore*
- Inspeções de saúde e segurança
- Manutenção da turbina
- Manutenção do balanço da planta

O8. Atuação de empresas nacionais e, em especial, PMEs no fornecimento de produtos e serviços na segunda camada em diante

Além das grandes empresas, as PMEs nacionais também são potenciais atuantes na cadeia de valor da eólica *onshore*, especialmente na segunda e demais camadas. Assim, as PMEs nacionais podem atuar no fornecimento de componentes/serviços para os fornecedores principais da primeira camada em algumas atividades principais, tais como:

- Estudos de impacto ambiental e socioeconômico
- Fornecimento de subcomponentes da turbina
- Fornecimento de subcomponentes para fundações
- Serviço logístico *offshore* (aluguel de embarcações, rebocadores, atividades de apoio)
- Serviço complementar para O&M (dispositivos de iluminação e som, balizador aeronáutico, manutenção de para-raios, *marketplace* de produtos e serviços para O&M de usinas)

O9. Tendência de aumento de participação da fonte eólica *offshore* na matriz energética em outros países nos próximos anos

A energia eólica *offshore* tende a aumentar sua participação na matriz energética ao longo dos anos, tendo em vista a descarbonização da matriz energética em vários países (IRENA, 2021). Essa fonte está sendo considerada como candidata à expansão (PDE, 2020) da matriz energética no Brasil. O Plano Nacional de Energia (2050) considera as vantagens e a competitividade da eólica *offshore* ao longo do tempo. Devido a inexistência do mercado eólico *offshore* na América do Sul, o Brasil pode se tornar exportador de produtos e serviços para esse setor, seja na primeira ou segunda camadas.

O10. Existência de uma associação atuante no setor eólico

O Brasil possui uma associação que representa a indústria eólica: a ABEEólica. Esta associação teve um protagonismo para acelerar o desenvolvimento do setor eólico *onshore* nacional, e devido a essa experiência, vem trabalhando para acelerar também o desenvolvimento da eólica *offshore* do Brasil.

O11. Existência de infraestrutura portuária para suporte às atividades de Operação e Manutenção

As operações portuárias para atendimento à fase de operação e manutenção exigem menos requisitos de infraestrutura a serem atendidos e operações menos complexas quando comparadas às operações e requisitos exigidos para portos de instalação e descomissionamento. Alguns portos brasileiros possuem infraestrutura que podem atender aos requisitos e operações específicas para atividades de operação e manutenção de parques eólicos *offshore*, como o porto de Pecém, porto de Natal, porto de Rio Grande, porto de Açu e porto Barra do Riacho.

2. Cadeia de inovação da eólica *offshore*

A inovação no setor eólico *offshore* traz melhorias no desempenho das operações, bem como no desenvolvimento tecnológico, o que pode levar à redução de custos e motivar iniciativas para a implementação desta fonte renovável em mercados emergentes (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008). Por meio de atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) foi possível reduzir os custos de instalação, de operação e manutenção, melhorar o desempenho da usina e reduzir o LCoE, e esses benefícios têm sido observados a partir de exemplos como (IRENA, 2021):

- Aumento em 19% do fator de capacidade médio das turbinas, de 2010 para 2019 devido ao desenvolvimento tecnológico visto no aumento da altura do *hub* e do diâmetro do rotor;
- Aumento na diversidade de tipos de fundações, adequadas às condições do leito marinho e a profundidades maiores;
- Eficiência e agilidade na logística, devido ao desenvolvimento de equipamentos e embarcações especializadas de instalação;
- Redução de custos de O&M a partir da utilização de *drones* para inspeção de componentes;
- Aumento de padrões internacionais no setor, o que permite a documentação e a divulgação de boas práticas em tecnologia de processo e sua difusão.

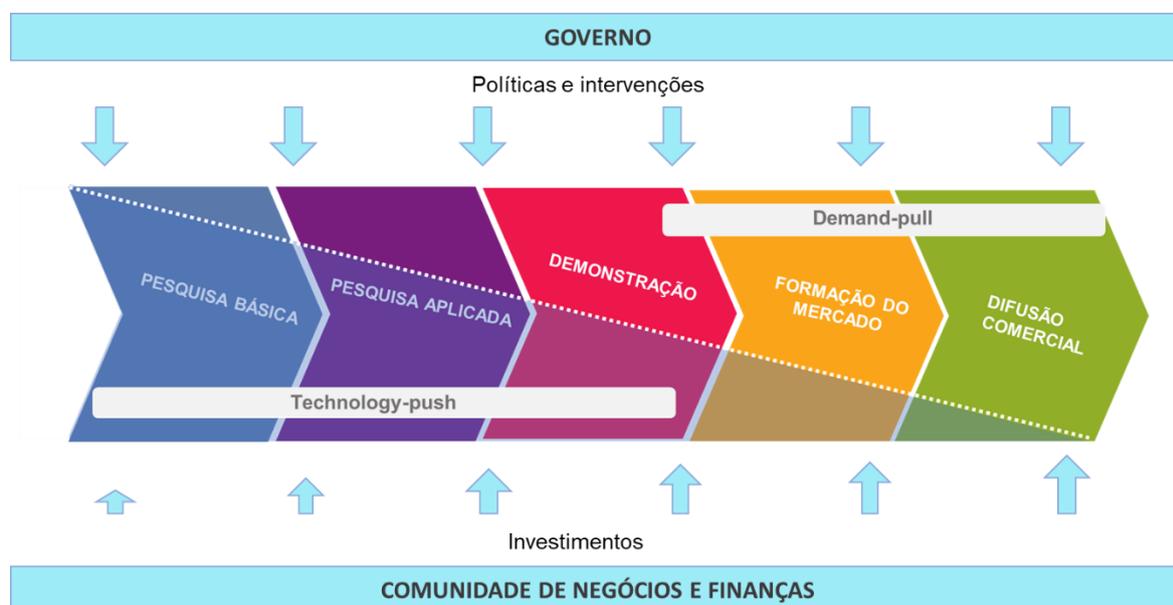
Especificamente para contribuir na redução do LCoE, há um vasto potencial para o aprimoramento e inovação das tecnologias no setor: adaptação da tecnologia da turbina e de outros componentes às especificidades dos novos mercados; o desenvolvimento de embarcações especializadas para turbinas acima de 15 MW de potência nominal; a estruturação de modelos de *cluster*¹⁰ de usinas eólicas *offshore*; a otimização da instalação de usinas; o desenvolvimento de novas tecnologias para as atividades de Operação e Manutenção utilizando o princípio *digital twin* e internet das coisas; o desenvolvimento de ferramentas de otimização da cadeia de suprimentos com princípios da economia circular, dentre outras.

¹⁰ Modelos de cluster de usinas eólicas *offshore*: agrupamento de usinas eólicas vizinhas para compartilhamento de estruturas de subestação *offshore* e dos cabos de exportação.

2.1. Descrição da cadeia de inovação

A cadeia de inovação da energia eólica *offshore* pode ser ilustrada em fases, como apresentado na Figura 14. As fases da cadeia de inovação proposta por Grubb (2004) e Grubb *et al.* (2021) são definidas de acordo com o grau de maturidade do produto ou serviço em desenvolvimento e podem sofrer sobreposições e *feedbacks*, considerando que o processo de inovação é contínuo e interativo. Também podem ser influenciadas pela atuação do Governo, a partir de políticas e programas de incentivo à PD&I, e pela *Business and Finance Community*, com investimentos específicos.

Figura 14: Cadeia de inovação da eólica *offshore*



Fonte: Adaptado de Grubb (2004); Grubb *et al.* (2021); IRENA (2021); Jennings *et al.* (2020).

Durante as fases iniciais, os incentivos são voltados principalmente para o financiamento de atividades de PD&I para impulsionar o desenvolvimento inicial da tecnologia, predominando as políticas do tipo *Technology push*. Já nas duas fases finais predominam as políticas do tipo *Market Pull* ou *Demand-pull*, prevalecendo os incentivos para criação de mercado e difusão da tecnologia (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008; GRUBB *et al.*, 2021; IRENA, 2021; JENNINGS *et al.*, 2020).

Exemplos de mecanismos de *Technology push* são créditos fiscais para subsidiar atividades de PD&I e subvenções. Já como exemplos de mecanismos de *Market pull*

tem-se a precificação de carbono, as tarifas *Feed In* e as obrigações compulsórias de produção e distribuição de energia advinda de fontes renováveis (JENNINGS et al., 2020).

Além disso, as atividades de PD&I orientadas para um “bem-público”, como combate às mudanças climáticas, com maior uso de energia de fontes renováveis, requerem incentivos e políticas que valorizem as tecnologias verdes, dentre elas, a eólica *offshore*. Então, em cada fase da inovação, há iniciativas como: financiamento para formação de pesquisadores e incentivos à publicações científicas, na fase de pesquisa básica; subsídios de capital para empresas com tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento, na fase de pesquisa aplicada; Financiamento para projetos de demonstração de tecnologia emergente e plantas piloto, na fase de demonstração; Incentivos às instituições aceleradoras de tecnologia e incubadoras, na fase de formação de mercado; e Desenvolvimento de normas internacionais nos temas da energia eólica *offshore*, na fase de difusão comercial. Mais exemplos de políticas e iniciativas podem ser consultados no Apêndice J, Quadro 1J.

2.2. Organizações internacionais de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

O desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação no setor eólico *offshore* tem como principais atores os centros de pesquisa e inovação como o caso da DTU, na Dinamarca; ORE Catapult, no Reino Unido; e Fraunhofer, na Alemanha.

Essas instituições desenvolvem projetos de PD&I ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento eólico *offshore* visando o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas; aprimorando as tecnologias já desenvolvidas; otimizando a logística de instalação de usinas eólicas *offshore*; aumentando a qualidade e eficiência na O&M; e otimizando o descomissionamento de usinas.

Esses projetos de desenvolvimento tecnológico para eólica *offshore* também são classificados quanto as fases da cadeia de inovação. Os principais centros de PD&I e o respectivo estágio em que se encontram seus projetos de inovação, foram

mapeados e estão descritos no Apêndice J, Quadro 2J. Dos 22 centros e instituições analisados, a maioria está localizada no Reino Unido, na Alemanha e na Dinamarca.

Dessa amostra, 9 centros foram caracterizados com projetos em todas as fases da cadeia de inovação, desde a pesquisa básica até a difusão comercial, como a ORE Catapult, DTU, Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems, Centro de Teste Høvsøre e Centro de Teste Østerild (DTU Wind Energy), Aura Innovation Centre (AIC), Supergen Wind Hub ORE, NREL, Deutsche WindGuard e a Energy Cluster Denmark, os quais são reconhecidos mundialmente.

Outro fato que se pode observar a partir dos dados coletados é que 41% dos centros e instituições mapeados, que já enquadram parte de seus projetos na fase de comercialização, possuem o *Technology Readiness Level* (TRL)¹¹ igual a 9. Isso ocorre porque esses centros realizam pesquisas e projetos em parceria com empresas, como a Siemens Gamesa, Vestas, Ørsted, Equinor, GE, EDF Renewables, e com centros de pesquisa e inovação de outros países, como a Índia e China, por exemplo, colaborando para o desenvolvimento da indústria local.

Além de classificar os projetos nas fases da cadeia de inovação, foi identificado também para qual ou quais fases do ciclo de vida de um empreendimento eólico *offshore* esses centros e instituições mapeados estão contribuindo. Esse levantamento de informações foi realizado pelo acesso ao site de cada um desses centros; e a partir do entendimento de cada fase do ciclo de vida já pré-estabelecido foi identificada a ligação entre o que é oferecido pelo centro e para qual fase ele contribui em termos de pesquisa e inovação.

O Quadro 9 apresenta exemplos de projetos de pesquisas desenvolvidos nos Centros e Instituições mapeados, por fase do ciclo de vida da usina. Destaca-se nessa análise que devido ao número crescente de projetos em desenvolvimento no setor eólico *offshore*, há uma dinamicidade nas oportunidades de inovação de produtos, serviços e processos, em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento.

¹¹ O TRL, traduzido como Nível de Maturidade Tecnológica, é um método para estimar a maturidade ou prontidão de uma tecnologia. É definido em uma escala de 1 a 9, na qual os primeiros níveis consideram as ideias de pesquisa, princípios básicos e estudos laboratoriais da tecnologia. À medida que é classificada nos últimos níveis, a tecnologia já passa por testes, protótipos, validação e produção em grande escala.

De acordo com a IRENA (2021) os investimentos em inovação nessa área são altos e devem ser contínuos. O número de publicações científicas relacionadas à tecnologia aumentou 2.5 vezes entre 2010 e 2019, ampliando-se também a geografia das bases de pesquisa com publicações em países emergentes no mercado; o número de patentes para energia eólica *offshore* aumentou 60% de 2010 a 2017; as colaborações nacionais e internacionais de PD&I quadruplicaram de 2010 a 2019, o que sugere maiores níveis de TRLs e maior amadurecimento do mercado ao longo do tempo; os custos gerais de instalação, a parte da inovação tecnológica, reduziu 28% de 2015 a 2019; o LCOE reduziu 32% de 2010 a 2019; o fator de capacidade aumentou de 18% para 44% em 2019; o número de marcas registradas cresceu de 73 para 193 em 2015; entre outros indicadores.

Quadro 9: Estudos e pesquisas para fase do ciclo de vida

Fase	Estudos e pesquisas	Centros/Instituições
Projeto (Desenvolvimento e concessão)	Desenvolvimento de tecnologias e modelos para sensoriamento remoto, captação de dados de recurso eólico, meteoceanográficos, dados ambientais; metodologias de análise de dados para condições de vento e oceano; projeto e construção de protótipos e maquetes; caracterização das condições ambientais e de solo marinho; novos métodos para avaliação e estudos de impacto ambiental de instalações de energia renovável marinha; métodos de avaliação de localização de usinas eólicas <i>offshore</i> ; criação de radar marinho com tecnologia e aplicações de altimetria por satélite para avaliação do recurso eólico; desenvolvimento de sensores, instrumentação de medição e veículos marítimos capazes de realizar medições de novas formas ou em locais de difícil acesso.	ORE Catapult, SINTEF, DTU Wind Energy, ForWind, AURA Innovation Centre, The Scottish Association of Marine Sciences, Supergen Wind Hub ORE, NREL, Deutsche WindGuard, TNO Wind Energy, National Oceanography Centre.
Produção e Aquisição	Projetos de desenvolvimento, teste e validação de novas tecnologias de componentes da turbina (pás, geradores, naceles, rolamentos, <i>powertrain</i> , conversores, equipamentos elétricos, entre outros) e estruturas de suporte; tecnologia eólica fixa e flutuante; modelagem aerelástica de pás; projetos de fabricação de novos componentes; demonstração de protótipos; estudos com túneis de vento para simulação e validação; previsão de interação entre cargas e tempo de vida útil do novo componente; projetos de desenvolvimento de turbinas (aerodinâmica e fluidos, teste e calibração, métodos e sistemas de medição); estudo e qualificação de novos materiais e compósitos para fabricação dos componentes; otimização do projeto de torres eólicas híbridas; pás inteligentes; aplicação do <i>digital twin</i> em ativos da usina; desenvolvimento de padrões internacionais para O&M de componentes de uma usina eólica <i>offshore</i> .	DTU Wind Energy, ORE Catapult, NorthWind Research Centre for Environment Friendly Energy, SINTEF, Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems, Sheffield Siemens-Gamesa Renewable Energy (S ² GRE) Research Centre, New Partnership in <i>Offshore</i> Wind, AURA Innovation Centre, Supergen Wind Hub ORE, NREL, UKRI UK Research and Innovation, Centre of Excellence for <i>Offshore</i> Wind and Renewable Energy, Deutsche WindGuard, FK-Wind Institute, TNO Wind Energy.

Fase	Estudos e pesquisas	Centros/Instituições
Instalação e Comissionamento	Projetos acerca das mudanças de infraestrutura elétrica para próxima geração (incluindo os cabos coletores, integração de rede, sistemas de energia inteligentes e subestações <i>onshore</i> e <i>offshore</i>); novas tecnologias de instalação para reduzir custos e riscos em torno da instalação da fundação; planta piloto; instalação de usinas virtuais; <i>layout</i> do sistema elétrico otimizado e soluções operacionais para conexão à rede; análises de integridade estrutural de cabos de alimentação; novos métodos de instalação de turbinas eólicas <i>offshore</i> com fundação fixa e flutuante; novos modelos de tensão em fundações e melhoria da interação do solo com diferentes conceitos de ancoragem; projetos de sistemas de amarração para sistemas flutuantes; aplicação de modelos matemáticos para resolver problemas complexos de planejamento e controle na logística de instalação <i>offshore</i> ; sistemas de informações para coordenação e monitoramento em tempo real do transporte <i>offshore</i> ; estudos de custo efetivo e uso mínimo de materiais e instalação; e modelos avançados de rotas de navegação otimizados.	ORE Catapult, NorthWind Research Centre for Environment Friendly Energy, SINTEF, DTU Wind Energy, Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems, BIBA Institute, ForWind, AURA Innovation Centre, Supergen Wind Hub ORE, Kleinman Center for Energy Policy, NREL, UKRI UK Research and Innovation, Centre of Excellence for <i>Offshore</i> Wind and Renewable Energy, Deutsche WindGuard, Energy Innovation Cluster, FK-Wind Institute, TNO Wind Energy, National Oceanography Centre.
Operação e Manutenção (O&M)	Soluções que melhoram o desempenho operacional dos parques eólicos <i>offshore</i> ; teste e validação de novas tecnologias para inspeção e monitoramento; utilização de <i>drones</i> , <i>Remotely Operated Vehicle</i> (ROV), robô subaquático inteligente e outras tecnologias para serviços de operação e manutenção, como monitoramento, inspeção, limpeza; inovação na utilização de sistemas digitais, de Inteligência Artificial, Internet das Coisas, robótica, <i>digital twin</i> , realidade aumentada, para otimizar os ativos e os processos de gerenciamento da O&M da usina; projetos sobre planejamento logístico ideal; produção de energia com mínima degradação de ativos; manutenção preditiva probabilística; modelagem das relações entre operação da turbina, cargas, condição técnica e vida útil; projetos sobre previsão de corrosão, técnicas para detecção, diagnóstico e prognóstico antecipado de falhas e avaliação da integridade dos componentes em operação; projetos para redução de ruídos, monitoramento acústico e monitoramento bentônico; entre outros.	ORE Catapult, NorthWind Research Centre for Environment Friendly Energy, SINTEF, DTU Wind Energy, Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems, New Partnership in <i>Offshore</i> Wind, ForWind, AURA Innovation Centre, Geotechnical and Environmental Research Group, Kleinman Center for Energy Policy, NREL, BIBA Institute, Centre of Excellence for <i>Offshore</i> Wind and Renewable Energy, Energy Innovation Cluster, National Oceanography Centre, FK-Wind Institute, Institute of Shipping Economics and Logistics, Energy Innovation Cluster.
Descomissionamento	Tecnologias e ferramentas para avaliação de soluções de fim de vida e <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA); métodos de reciclagem e avaliação do ciclo de vida; estudos e testes de resistência residual em pás após 20 anos em operação; métodos de reparo e substituição para grandes componentes; otimização das pás do rotor em turbinas antigas; estimativa de vida útil (restante) com base em informações de condições técnicas e de operação; projetos de otimização e preparação para o descomissionamento parcial ou total.	DTU Wind Energy, ORE Catapult, SINTEF, FK-Wind Institute, TNO Wind Energy.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Observa-se, a partir do Quadro 9, que alguns centros mapeados, como o ORE Catapult, SINTEF, DTU Wind Energy, ForWind, AURA Innovation Centre, NREL e

TNO Wind Energy, contribuem com atividades de PD&I em todas as fases do ciclo de vida de usinas eólicas *offshore*. Percebe-se também que em algumas das fases, como no Descomissionamento, há um menor número de estudos, o que se explica pelo fato do setor eólico *offshore* ter menos de três décadas de desenvolvimento.

Já as fases de Aquisição e Fabricação e Operação e Manutenção (O&M) foram as fases em que se conseguiram identificar o maior número de pesquisas e projetos nos centros, o que se explica pelo fato de terem longa duração no ciclo de vida da usina e requererem melhoria de processos e de tecnologia.

Observou-se que 30% das 22 instituições mapeadas incluem mulheres em posições de destaque, como professoras à frente das pesquisas, pesquisadoras, coordenadoras e gerentes de projetos e diretoras dos centros, o que demonstra uma boa participação do sexo feminino nesse âmbito. Quanto às minorias, não foi possível obter informações suficientes a partir das fontes pesquisadas.

2.3. Organizações nacionais de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

O Brasil possui um grande potencial eólico *offshore* e poderá desenvolver uma cadeia de suprimentos robusta por uma série de fatores. Dentre os principais, destacam-se a maturidade industrial do setor eólico *onshore* e de petróleo e gás *offshore*, com notório conhecimento e expertise na exploração e produção em águas rasas e profundas, e o conhecimento e desenvolvimento de pesquisa e inovação em setores como engenharia marítima, navegação e aeroespacial, os quais também podem contribuir com o desenvolvimento desse setor emergente.

Além disso, o Brasil também conta com uma estrutura de pesquisa, desenvolvimento e qualificação profissional em diversos níveis de ensino, composta por universidades, centros de tecnologia e escolas técnicas, públicas e privadas. Ademais, há no país empresas (nacionais e internacionais) especializadas na formação de competências para as operações *offshore* da indústria de O&G, bem como na eólica *onshore*. Esse arranjo pode fornecer o conjunto de capacitações necessárias para avançar no conhecimento e desenvolver as inovações demandadas pelo setor eólico *offshore*.

Dessa forma, foram mapeadas as principais instituições e centros de PD&I que já desenvolvem pesquisas e projetos relacionados ao segmento de energia eólica *offshore*, bem como as que apresentam potencial contribuição nesse setor nos próximos anos, por desenvolverem atividades de PD&I em setores sinérgicos, como o O&G *offshore* e a eólica *onshore*.

Principais instituições que já desenvolvem pesquisa no setor de energia eólica *offshore*:

- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN;
- Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis – ISI-ER;
- Pontifícia Universidade Católica – PUC RJ;
- Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF;
- Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ;
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN;
- Universidade Federal de São Catarina – UFSC;
- Universidade Federal Fluminense – UFF.

Principais instituições que desenvolvem projetos e pesquisa em setores com sinergia e que, por isso, têm potencial para desenvolvimento de pesquisas e inovações no âmbito da eólica *offshore*:

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP - IPT SP (Energia);
- Instituto de Energia da PUC-RJ – IEPUC (Energia);
- Universidade do Estado de São Paulo (Instituto de Energia e Ambiente) – USP
- Universidade Estadual de Campinas (Departamento de Energia) – Unicamp
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS;
- Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA;
- Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC;
- SENAI CIMATEC Faculdade de Tecnologia;
- Universidade Federal do Ceará – UFCE;
- Universidade Federal do Espírito Santo – UFES;
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

As empresas locais que têm potencial para atuar no setor eólico *offshore* poderão obter vantagem no que se refere às possibilidades de cooperação e estabelecimento de parcerias com as instituições e universidades catalogadas. Essas parcerias podem contribuir significativamente para a absorção e o desenvolvimento conjunto de tecnologias nacionais, para a aquisição de *know-how* e para a acumulação de competências técnicas necessárias para impulsionar o desenvolvimento da cadeia eólica *offshore* no Brasil.

Foi possível também mapear entidades de suporte à qualificação de fornecedores no tema da inovação, como por exemplo o SEBRAE, a partir do apoio à criação de empreendimentos inovadores; aceleração e promoção de negócios inovadores e de base tecnológica; e fomento e apoio ao desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

2.4. Gargalos e oportunidades

Com base na análise da cadeia de inovação descrita no capítulo, entrevistas realizadas e informações descritas nos Apêndices A, B, C e D (CLT e Hubz), foram identificados gargalos e oportunidades que o país poderá enfrentar.

Devido à maior participação que a fonte eólica *offshore* terá em 2050 (IRENA, 2021) e à necessidade de desenvolvimento tecnológico específico a uma região, pelas características climáticas e meteoceanográficas, o Brasil ainda tem a oportunidade de desenvolver tecnologia neste setor, alinhando-se ao desenvolvimento tecnológico que ocorre principalmente na Europa e Ásia.

a. Gargalos

G1. Falta de editais para PD&I em eólica *offshore*

Embora o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) esteja dando suporte para o desenvolvimento do setor, por meio de parcerias com universidades e centros tecnológicos para sua difusão, ainda não há no Brasil publicações de editais específicos para o setor eólico *offshore*, nem programas para o fortalecimento de bases de pesquisas e desenvolvimento tecnológico com essa especificidade, assim como houve pouco incentivo à eólica *onshore* nesse sentido. Da mesma forma, embora haja editais pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, da ANEEL, que tratam sobre projetos no âmbito de energias, não há nenhum ainda relacionado ao setor eólico *offshore* em específico e ao desenvolvimento de sua cadeia.

G2. Inexistência de políticas e incentivos à inovação no setor eólico *offshore*

Ao analisar a realidade do Brasil, percebe-se a falta de incentivos à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, principalmente com aplicação em setores que ainda não são desenvolvidos no país, como é o caso da eólica *offshore*. Por exemplo, há escassez de ações para: 1) o desenvolvimento de plantas piloto; 2) construção de centros de teste e excelência para entender os componentes que melhor se adequam às condições meteoceanográficas do Brasil; 3) incentivos direcionados à criação de startups para o desenvolvimento de tecnologias nesse setor, para os diversos componentes e operações; entre outros.

G3. Reduzido número de Instituições de Pesquisa dedicados a estudos no setor eólico *offshore*

Esse gargalo pode ser justificado devido ao mercado eólico *offshore* ainda ser desconhecido no Brasil, e, por isso, não terem surgido ainda demandas de pesquisa e desenvolvimento nesse âmbito.

G4. Baixa integração entre os centros de PD&I e o setor privado

No Brasil, há poucas iniciativas e incentivos para o estabelecimento de parcerias entre setor privado e os centros de pesquisa, públicos ou privados. E esse incentivo à integração é visto como uma boa prática em diversos países internacionais, devido a oportunidade de inovação aberta e captação de cursos de formação.

b. Oportunidades

O1. Necessidade de “tropicalização” dos principais componentes e desenvolvimento da tecnologia nacional

Como provavelmente será necessária uma adaptação dos componentes, tanto do projeto como da fabricação, instalação e operação, as empresas, instituições de pesquisa e centros de inovação podem estar à frente dessa tropicalização. Por exemplo, o tipo do aço das torres em países europeus suporta até -20°. No Brasil, não é necessário atender esse requisito. Por outro lado, precisa-se de outro tipo de aço, o que reduz consideravelmente o seu preço, e conseqüentemente da torre, da turbina e o preço final da energia gerada.

O2. Disponibilidade de agências de fomento à inovação que poderiam atuar no setor eólica offshore

Atualmente as agências de fomento como a ANEEL, ANP, Fundações estaduais, SEBRAE, dentre outros que já promovem atividades de inovação no setor de energia, poderiam também promover fomento ao desenvolvimento de inovações no setor eólico offshore.

O3. Uso de recursos de outros setores para eólica offshore

De acordo com entrevistas ao representante da ANP, os recursos de PD&I do setor de O&G serão utilizados também para atividades de PD&I no setor de energias renováveis, onde se inclui a eólica offshore como uma das fontes de maior potencial no Brasil. Esses investimentos seriam direcionados para o desenvolvimento e implantação dessa tecnologia no país, bem como aproveitamento das plataformas descomissionados de Petróleo e Gás, utilizando inovação tecnológica na sinergia entre os setores.

O4. Aproveitamento de projetos de PD&I vinculados a transformação digital

Atualmente, seguindo o exemplo da ANP, estão sendo bastante explorados pelos pesquisadores no Brasil os temas que envolvem a transformação digital. Por ser um tema transversal a diversos setores e temas, ele poderia ser explorado também para eólica offshore, por meio da aplicação de Inteligência Artificial, *Digital Twin* e Internet das coisas principalmente para a melhoria do desempenho na Operação e Manutenção dos parques eólicos offshore.

O5. Existência de centros de pesquisa e programas de pós-graduação bem-conceituados

O Brasil já dispõe de centros e instituições reconhecidos que atuam na área de energias, inclusive energias renováveis, que poderiam, também, atuar em conjunto, com apoio do Governo Federal, na criação de Institutos de Pesquisa ou Centros de Excelência especializados também no setor eólico *offshore*, como o caso da ORE Catapult.

O6. Oportunidades de projetos de PD&I pelo aumento da participação da fonte eólica *offshore* na matriz energética dos países, nos próximos anos

Devido à tendência de desenvolvimento da fonte eólica *offshore* mundial para os próximos anos, percebe-se também demandas por inovações ao longo do ciclo de vida da usina eólica *offshore*, principalmente em tecnologias específicas às características meteoceanográficas e climáticas da costa marítima brasileira que possuem semelhança com a região marítima dos países da América do Sul.

O7. Desenvolvimento de tecnologias atreladas à produção de hidrogênio verde

Devido ao alto potencial eólico *offshore* do Brasil, o país poderá se tornar exportador de energia renovável por meio do vetor energético “hidrogênio verde”. Devido a isso, é necessário promover o desenvolvimento tecnológico para a produção de hidrogênio com uso da energia elétrica da fonte eólica *offshore*.

3. Dimensões transversais

O desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* requer um conjunto de fatores, tais como: competências e habilidades necessárias requeridas pelo setor; regulamentação; financiamento e protagonismo de associações e instituições de suporte. Nesta seção, apresenta-se esses requisitos.

3.1. Competências e habilidades

As cadeias de valor e inovação da eólica *offshore* demandam competências e habilidades específicas devido ao desenvolvimento em ambiente marítimo. Considera-se que parte das competências e habilidades básicas necessárias para a geração e transmissão da energia elétrica *offshore* são similares às requeridas na cadeia da eólica *onshore* (AURA, 2018). Por outro lado, parte das competências e habilidades para execução de atividades de instalação, por exemplo, no ambiente *offshore*, se assemelham às da cadeia de Óleo e Gás *offshore*.

O Quadro 10 apresenta as competências demandadas pelos profissionais nas fases da cadeia de valor em cada grau de formação: técnico, graduação e pós-graduação. Ademais, algumas competências são transversais à cadeia, especialmente aquelas com requisitos genéricos, como as funções relacionadas às operações marítimas e logística: coordenador marítimo e agente de navios, operações e manutenção de embarcações, dentre outros.

Pela análise do Quadro 10, observa-se que além de atender à demanda prevista de competências profissionais e técnicas, também oferece uma oportunidade de considerar metas de diversidade e inclusão social (GESI) na cadeia de valor e de inovação do setor eólico *offshore*.

Quadro 10: Competências demandadas em cada fase da cadeia

Fase da cadeia/ Grau de formação	Projeto (Desenvolvimento e concessão)	Produção e Aquisição	Instalação e Comissionamento	Operação e Manutenção
Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - Técnico ambiental - Técnico em geologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Soldador - Montador - Técnico de manutenção - Técnico em CAD, CAE e CAM 	<ul style="list-style-type: none"> - Piloto de embarcações - Técnico em construção de navios - Segurança do trabalho - Técnico ambiental - Técnico de construção - Soldador 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalho em alturas - Trabalho em espaços confinados - Treinamento de elevação, escalada e acesso por corda - Piloto de embarcações - Técnico em segurança do trabalho
Graduação	<ul style="list-style-type: none"> - Ciências ambientais - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Ambiental, Computação) - Geologia marinha - Biologia marinha - Economia - Design gráfico - Direito 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Ambiental, Computação) - Física - Matemática aplicada - Arquitetura naval - Geofísica 	<ul style="list-style-type: none"> - Arquitetura naval - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Ambiental, Computação, Segurança do trabalho) - Geofísica - Ciências ambientais - Administração de empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Ambiental, Computação, Segurança do trabalho) - Ciências ambientais
Mestrado/Doutorado	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrografia - Oceanografia - Geofísica - Biologia marinha - Monitoramento ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Ambiental, Computação) - Física - Matemática aplicada - Arquitetura naval - Geofísica - Administração de empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Arquitetura naval - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Ambiental, Computação, Segurança do trabalho) - Ciências ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharias (Mecânica, Elétrica, Civil, Oceânica/Marinha, Produção, Industrial, Computação, Segurança do trabalho) - Ciências ambientais

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

3.1.1. Organizações internacionais de formação de competências

Identificadas as principais competências e habilidades demandadas na cadeia de valor da energia eólica *offshore*, faz-se importante conhecer onde elas podem ser

desenvolvidas. Nesta seção considera-se o mapeamento das principais organizações internacionais que contribuem para a formação de profissionais no setor eólico *offshore*. Essas organizações concentram-se em Universidades e Centros de Formação, conforme apresentado no Apêndice K.

As Universidades e Centros de formação mapeados, em sua maior parte, oferecem cursos nos diferentes níveis de ensino (graduação, mestrado e doutorado), conforme pode ser visto no Apêndice A. Na graduação, as universidades oferecem os cursos de engenharias tradicionais, como engenharia civil, mecânica, materiais, elétrica, eletrônica, computação, produção, naval, ambiental, aeronáutica, aeroespacial, entre outras. Além dos cursos de engenharia, tem-se formações nos cursos de geologia, geofísica, biologia marinha, os quais também apresentam sua importância na cadeia de valor da energia eólica *offshore*.

Na Pós-Graduação, nível mestrado e doutorado, existem vários programas relacionados às engenharias tradicionais citadas no parágrafo anterior. Em menor parte, observam-se programas de pós-graduação específicos em Energias Renováveis e Energia Eólica *Offshore*, oferecidos por universidades como: *University of Hull*, *Technical University of Denmark (DTU)*, *TU Delft Technical University*, *University of Strathclyde*, *University of Portsmouth*, *Fraunhofer Academy* e na *Carl von Ossietzky University of Oldenburg*. Quanto à localização, a maior parte das universidades mapeadas estão localizadas no Reino Unido, Dinamarca, Alemanha, Holanda, Noruega e Estados Unidos.

As universidades geralmente apresentam, atrelados aos seus programas de pós-graduação, estruturas de laboratórios que contribuem para o desenvolvimento de pesquisas e projetos de inovação, tais quais:

- Laboratório de mecânica dos fluidos;
- Túneis de vento;
- Laboratório de mecânica dos solos;
- Centros de testes de componentes da turbina;
- Centros de nanofabricação;
- Impressoras 3D de grandes dimensões;
- Estações para medição e coleta de dados do recurso vento e meteoceanográficos;
- Laboratórios para testes acústicos;

- Equipamentos marinhos e embarcações para pesquisa;
- Laboratórios de testes de materiais;
- Laboratório de Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD).

Além disso, verificou-se que em mais de 60% das organizações mapeadas as mulheres estão em posição de liderança. Essas posições são divididas entre liderança de grupos de pesquisa e participação em altos cargos vinculados ao organograma das organizações. Em relação às minorias, não foram obtidas informações.

Entretanto, nos sites de universidades como Oxford, Cambridge, Newcastle, Teesside, entre outras, existem páginas dedicadas à discussão de temas relacionados à Diversidade, Igualdade e Inclusão, por exemplo a Universidade de Surrey (UK) trata questões de racismo no ensino superior e incentivo à entrada de mulheres na ciência. A Universidade de Teesside desenvolve ações como: oferece treinamento sobre igualdade e diversidade; organiza o calendário de eventos e dias da conscientização sobre esses temas; oferece um sistema de informação do perfil dos alunos para monitorar questões de diversidade e igualdade; e investe em programas como o *Disability Confident Leader*, *Race at Work Charter*, *Hart Gable/LGBT Advance* e o *Stonewall Workplace Equality Index*.

3.1.2. Organizações nacionais de formação de competências

O desenvolvimento da indústria eólica *offshore* representa uma grande oportunidade para o Brasil. Com uma manufatura ativa, dinâmica e uma cadeia de suprimentos em potencial, esse novo setor representa um importante caminho para a geração de novos empregos com valor agregado, especialmente nas regiões próximas às usinas eólicas *offshore*.

No entanto, garantir que a indústria tenha as competências e habilidades necessárias para aproveitar essas oportunidades representa um grande desafio, devido ao alto nível de especialização demandado em cada fase do ciclo de vida de uma usina eólica *offshore*, com maior ou menor volume de empregos, como apresentado no Quadro 11.

Quadro 11: Classificação dos empregos e suas características

Fase	Volume de empregos	Natureza temporal	Nível de especialização
Desenvolvimento tecnológico	Médio	Estável	Muito alto
Projeto (Desenvolvimento e Concessão)	Médio	Temporário	Muito Alto
Produção e Aquisição	Alto	Estável	Alto
Instalação e comissionamento	Alto	Temporário	Alto
Operação e Manutenção	Baixo	Estável	Médio

Fonte: Adaptado para o BEP com base em Liera Sastresa et al. (2010).

Nesse contexto, as instituições de formação profissional e capacitação tecnológica terão um papel relevante na formação dos profissionais que irão atuar na implementação de projetos de geração de energia eólica *offshore*.

Para essa tarefa, a colaboração entre entidades de formação profissional e educação continuada, institutos de pesquisa, universidades e empresas nacionais e internacionais poderá desenvolver capacitações que impulsionarão um amplo espectro de programas de qualificação técnica necessário para o desenvolvimento do setor no Brasil.

Para a formação, qualificação e requalificação de profissionais nos níveis técnico e superior, o Brasil conta com uma rede de instituições de ensino, públicas e privadas, distribuídas por todo o território nacional. As principais instituições dessa rede estão mapeadas e descritas no Apêndice A.

Como parte da rede, destaca-se, na formação técnica de nível médio, o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), um dos cinco maiores complexos de educação profissional global, formando profissionais para 28 áreas da indústria, e os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia presentes em todas as unidades da federação. Em nível superior, as Universidades públicas oferecem ampla gama de cursos de graduação e programas de pós-graduação e extensão - como a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - não só voltados à capacitação profissional, mas também à formação empreendedora, de pesquisadores e à gestão de negócios.

Já para o desenvolvimento das pequenas empresas, o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) destaca-se por oferecer diversos cursos voltados à melhoria da competitividade e produtividade dos pequenos negócios.

Do ponto de vista estratégico, para o desenvolvimento da cadeia voltada para a geração eólica *offshore*, é importante que os principais treinamentos estejam estrategicamente próximos aos locais nos quais serão instaladas as usinas eólicas *offshore*. De acordo com o IBAMA, os projetos eólicos *offshore* com solicitação de licenciamento ambiental no órgão estão no ambiente marítimo, nas costas dos estados do CE, ES, RN, RJ, RS e PI.

Para ilustrar melhor o potencial das universidades e centros brasileiros mapeados, no Quadro 12 estão listados os cursos técnicos, de graduação e de pós-graduação oferecidos por essas instituições; e que podem contribuir no desenvolvimento de competências demandadas para cada fase do ciclo de vida de uma usina eólica *offshore*. Esse Quadro pode ser comparado com as competências profissionais necessárias apresentadas no Quadro 10, seção 3.1.1.

Quadro 12: Cursos ofertados nos centros de formação e universidades brasileiras por fase do ciclo de vida

Fase da cadeia/ Grau de formação	Projeto	Produção e aquisição	Instalação e comissionamento	Operação e manutenção
Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - Técnico ambiental - Técnico em geologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecânico de Usinagem - Acionamentos eletroeletrônicos - Amostragem, extração e pré-concentração para análises cromatográficas - Cronometragem e cronoanálise - Eletrotecnia - Técnico em Mecânica - Operações de preparação e soldagem - Soldagem Completa na Prática - Instrumentação de sistemas - Montador - Técnico de Manutenção Técnico em CAD, CAE e CAM 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnico em Eletroeletrônica - Acionamentos eletroeletrônicos - Comandos elétricos - Eletricista de redes de distribuição de energia elétrica - Eletricista industrial- NR 10 – segurança em instalações e serviços com eletricidade - Operação de ponte rolante - Operação de empilhadeira - Técnico em Mecânica - Preparação e acompanhamento e estruturas - Piloto de embarcações - Técnico em construção de navios - Técnico em segurança do trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Eletricista de Manutenção Eletroeletrônica - Eletromecânico de manutenção - Técnico em Eletroeletrônica - Técnico em Eletrônica - Ajustador de Máquinas - Análise de perigos e pontos críticos de controle – APPCC - Comandos elétricos - NR 10 – segurança em instalações e serviços com eletricidade - Técnico em Mecânica - Lubrificação industrial - Técnico ambiental - Piloto de embarcações - Técnico em segurança do trabalho

			- Técnico ambiental	
Graduação	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia Ambiental - Engenharia Mecânica - Engenharia Elétrica - Engenharia Cartográfica - Engenharia Física - Monitoramento e Modelagem Ambiental - Biologia Marinha - Geologia Marinha - Economia - Design Gráfico - Direito 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia Civil - Engenharia de Software - Engenharia Mecânica - Engenharia Química - Engenharia Metalúrgica - Engenharia de Materiais - Engenharia de Produção - Engenharia Física - Engenharia de Soldagem - Energias Renováveis - Automação, Controle e Robótica - Engenharias (Oceânica/Marinha) - Física - Geofísica 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia Civil - Engenharia Mecânica - Engenharia Elétrica - Engenharia Oceânica - Energia e Gestão de Energia - Engenharia de Produção e Logística - Automação de Sistemas Elétricos de Potência - Energias Renováveis - Automação, Controle e Robótica - Engenharias (Oceânica/Marinha) - Geofísica - Ciências ambientais - Administração de empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia Elétrica - Engenharia Mecânica - Engenharia Oceânica - Energia e Gestão de Energia - Engenharia de Produção - Energias Renováveis - Automação, Controle e Robótica - Biologia Marinha
Mestrado/ Doutorado	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia Ambiental - Energias Renováveis - Engenharia Mecânica - Engenharia de Produção - Energia e Eficiência Energética - Oceanografia - Biologia Marinha - Monitoramento ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia de Energia - Engenharia Mecânica - Engenharia Elétrica - Engenharia de Produção - Energia e Eficiência Energética - Robótica e Sistemas Autônomos - Administração de empresas - Geofísica 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia de Energia - Engenharia Mecânica - Engenharia Elétrica - Engenharia Oceânica - Engenharia de Produção - Energia e Eficiência Energética - Robótica e Sistemas Autônomos - Geofísica 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia de Energia - Engenharia Mecânica - Engenharia Elétrica - Engenharia Oceânica - Engenharia de Produção - Energia e Eficiência Energética - Robótica e Sistemas Autônomos

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

3.1.3. Gargalos e oportunidades

Com base na análise das competências demandadas pelos profissionais nas fases da cadeia de valor, organizações de formação dessas competências e entrevistas realizadas, foram identificados gargalos e oportunidades para essa dimensão.

a. Gargalos

G1. Falta de mão de obra qualificada e especializada para atender o setor eólico offshore

A mão de obra capacitada para o mercado eólico *offshore* possui como pré-requisito (conforme definido pelos desenvolvedores e OEMs) a capacitação por instituição

credenciada. No entanto, essa mão de obra tende a faltar nos novos mercados, sendo escassa para as diversas fases, desde a concepção de projetos, instalação até a operação e manutenção das usinas, especialmente próximo dos locais de instalação, representando um gargalo em termos de capacitação da mão de obra local.

G2. Ausência de instituições especializadas e credenciadas para capacitação na instalação e O&M de turbinas eólicas offshore

Além de não haver mão de obra capacitada no setor, o país também não possui instituições credenciadas pela GWO para a capacitação de mão de obra, especialmente para a instalação e O&M de parques eólicos *offshore*.

G3. Falta de incentivo para programas ou convênios na formação de competências com parcerias internacionais

O país possui recursos financeiros escassos para firmar parcerias com universidades internacionais, por meio das quais cursos de especialização poderiam ser ofertados.

G4. Infraestrutura especializada escassa para formação de competências e habilidades para o setor

Apesar de possuir várias instituições de ensino e pesquisa, foi observado que o país possui restrições acerca de laboratórios tecnológicos e infraestrutura adequada nas instituições e centros no que se refere ao treinamento eficiente e formação de competências para o setor.

G5. Falta de cursos que formem profissionais especialistas no setor eólico offshore

Não há atualmente no Brasil, a oferta de cursos para especialização de mão de obra no setor eólico *offshore*, tanto para concepção de projetos, quanto para a execução, instalação e operacionalização destes.

b. Oportunidades

O1. Existência de cursos de nível superior e técnico voltados para o setor eólico

O Brasil possui institutos e universidades, públicos e privados, que oferecem cursos técnicos, de graduação e de pós-graduação, os quais podem atender às demandas de formação de mão de obra especializada nas diversas fases do ciclo de vida da eólica *offshore*, como a UFRN, a UFRJ, os institutos de ciência e tecnologia, entre outros; desde que a grade curricular seja adaptada para tornar mais especializado em eólica *offshore*.

O2. Formação de competências e habilidades por empresas nacionais e internacionais atuantes em setores sinérgicos

Já existem empresas no Brasil, tanto nacionais quanto internacionais, especializadas na formação de competências para as operações *offshore* da indústria de O&G, bem como na eólica *onshore*, que são setores dos quais se pode absorver alguns treinamentos oferecidos e aproveitar muitas dessas habilidades aprendidas.

O3. Existência de profissionais locais com nível de formação que podem atuar no setor

Existe no mercado mão de obra disponível para atuação no setor nas regiões em que serão implementadas as usinas eólicas *offshore*, como técnicos e engenheiros na área de construção civil, mecânica, elétrica, biologia, entre outras. Essa oportunidade é importante para que não seja necessário o deslocamento desse pessoal capacitado para outras regiões, como ocorre atualmente em outros setores, além de contribuir para o desenvolvimento econômico da região.

O4. Aproveitamento de mão de obra já especializada dos setores sinérgicos

Além do aproveitamento de profissionais com nível de formação adequado, também pode ser aproveitada a mão de obra especializada advinda dos setores sinérgicos, principalmente o de O&G *offshore*, com grande número de profissionais localizados nos estados do RN, BA e RJ.

O5. Integração de GESI na mão de obra em grandes empresas

As grandes empresas fabricantes do setor eólico *offshore* e desenvolvedores de projetos estabelecidos na União Europeia e nos EUA possuem políticas explícitas sobre diversidade, igualdade e integração de gênero. Como exemplo, a Vestas visa a participação correspondente a 25% de mulheres em cargos de liderança em 2025 e 30% em 2030 (VESTAS, 2021). Espera-se que tais políticas também se apliquem a quaisquer operações estabelecidas no Brasil, possibilitando, assim, uma oportunidade para uma maior integração social e de gênero.

3.2. Regulação

Uma estrutura regulatória bem desenvolvida é fundamental para o desenvolvimento de um novo setor, uma vez que fornece segurança jurídica, incentivos e ambiente regulatório que gera confiança dos desenvolvedores/investidores. Essa confiabilidade, por sua vez, promove a criação do portfólio de projetos necessário para o desenvolvimento da cadeia de valor (FEO; LUDMIR, 2009; SANTISO, 2021).

Tendo em vista a importância do processo de regulamentação, observa-se que a energia eólica *offshore* possui requisitos distintos de desenvolvimento industrial, quando comparada a outros setores, como a energia eólica *onshore*, que devem ser considerados para o seu desenvolvimento (HANSON et al., 2019).

Este tema vem sendo discutido no país nos últimos anos e o governo federal deve regulamentar¹² a exploração eólica *offshore*, considerando suas particularidades e esclarecendo os procedimentos que devem seguir os desenvolvedores. O estudo do BEP (2020c) acerca dos aspectos regulatórios da eólica *offshore* apresentou uma opinião detalhada sobre o marco legal-regulatório da eólica *offshore* no Brasil visando contribuir para as discussões do governo federal. Ressalta-se que, neste estudo, a regulação é considerada de forma mais abrangente considerando sua atuação no apoio para o desenvolvimento das cadeias de valor e inovação no país.

¹² Projeto de lei n° 576, de 2021 - Disciplina a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético *offshore*.

3.2.1. Agências de regulação do Brasil

No que diz respeito às atividades *offshore* e de navegação, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a Agência Nacional do Petróleo (ANP), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) cumprem papéis importantes no campo regulatório e poderão desenvolver regulamentos específicos para as atividades *offshore* de geração e transmissão de energia e atuar no desenvolvimento do portfólio de projetos.

Além disso, o sistema brasileiro de normalização, acreditação e certificação é moderno e atuante. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) coordena a elaboração das normas de interesse da indústria, com a participação de empresas e instituições interessadas, contribuindo para a padronização de produtos e processos de empresas da cadeia de valor. A ABNT é associada à International Standards Organization (ISO) e o representa no Brasil para diversas finalidades.

O sistema de acreditação e certificação é conduzido pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) e apoiado por instituições de pesquisa públicas e privadas, entidades associativas, instituições públicas estaduais (Institutos de Pesos e Medidas) e por entidades sem fins lucrativos por ele acreditadas. O Apêndice D apresenta empresas certificadoras com possíveis interfaces com o setor eólica *offshore*.

O INMETRO, sob a supervisão do Ministério da Economia, tem também capacidade de publicar regulamentos e de fiscalizar, com a ajuda dos institutos de pesos e medidas dos estados (IPM-XX, onde XX é a sigla de cada estado), a sua correta observação.

O Centro de Pesquisas em Energia Elétrica – CEPEL, centro de pesquisa público instituído pela Eletrobras e as subsidiárias do setor, Chesf, Eletronorte, Eletrosul e Furnas, é o principal parceiro do INMETRO no campo da certificação de atividades, produtos e serviços relacionados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e possui inúmeros laboratórios acreditados distribuídos por diversas regiões do país. Especificamente para a geração eólica, o CEPEL conta com o Centro de

Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb), localizado no Rio de Janeiro.

As agências reguladoras, por sua vez, além de seu papel nesses sistemas, também têm poder para promulgar regulamentos, na forma de “Resoluções” e fiscalizar o andamento das atividades sob sua supervisão e a aplicação da regulação pertinente.

O sistema é complexo e, por vezes, profícuo na publicação de regulamentos e normas, nem sempre consistentes umas com as outras. Contudo, é opinião geral de que nos campos de interesse deste estudo, ele funciona bem e é capaz de orientar a criação e o desenvolvimento de processos, sua adequação às melhores práticas, conforme estabelecidas em normas técnicas, e a observância dos regulamentos, poupando grande esforço às empresas.

Além das citadas, outras agências de atuação nacional também podem ser vistas no Quadro 13, com escopo atuante na esfera ambiental, marítima e energética.

Quadro 13: Principais agências reguladoras no Brasil

Organização	Escopo de atuação	Área de atuação
ABNT	Normas e Padrões	Nacional
INMETRO	Acreditação/Certificação	Nacional
CEPEL	Energia	Nacional
ANEEL	Energia	Nacional
ANP	Social	Nacional
IBAMA	Ambiental	Nacional
Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ)	Marítimo, Portos	Nacional

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

3.2.2. Gargalos e oportunidades

Com base na análise da estrutura regulatória demandada pela eólica *offshore* e a existente no país, foram identificados possíveis gargalos e oportunidades.

a. Gargalos

G1. Falta de um marco regulatório para o setor eólico *offshore*

Considerando a experiência do Reino Unido e Alemanha, e de países com mercado em desenvolvimento, como Taiwan, observa-se que o marco regulatório fornece segurança jurídica para os investidores e empresas que participam da cadeia de valor. Esse aspecto se torna importante especialmente para a atração de empresas que desenvolvem atividades consideradas como gargalo na cadeia de valor nacional.

No entanto, de acordo com o estudo do BEP (2020c), assim como o Decreto de Lei No. 10946 de 2022 “seção de uso de uso de espaços físicos e o aproveitamento de recursos naturais em águas interiores de domínio da união, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*” nota-se que os principais aspectos regulatórios, necessários para o desenvolvimento do setor eólico *offshore*, precisa de maior detalhamento para tomada de decisão dos investidores e desenvolvedores de projetos.

G2. Falta de experiência no licenciamento para usinas eólicas *offshore*

O Brasil pode enfrentar desafios principalmente nas fases de projeto e concessão, pela falta de *know how* e na quantidade de especialistas para a realização da análise do licenciamento ambiental, pela falta de conhecimento sobre o funcionamento das usinas eólicas *offshore* e do que elas necessitam como prerrogativas e pré-requisitos antes da instalação e comissionamento, operação e manutenção e descomissionamento.

b. Oportunidades

O1. Existência de um Decreto de Lei para a concessão de áreas para projetos de eólica *offshore*

O governo federal emitiu o Decreto nº 10.946/2022¹³, o qual regulamenta a cessão das áreas para os projetos eólicos *offshore*, considerando a aprovação pelo Ministério de Minas e Energia após avaliar os impactos potenciais e possíveis conflitos com demais usos.

O2. Utilização de boas políticas e práticas regulatórias para aprovação de projetos eólicos *offshore* de países com a cadeia madura e de projetos de O&G *offshore* do Brasil

É essencial munir-se da experiência e das boas políticas e práticas observadas em países que já possuem o setor eólico *offshore* desenvolvido e maturidade na cadeia de valor, (como Dinamarca, Reino Unido e Alemanha), como forma de aprender e aplicar esse *know-how* no Brasil, em posição de mercado ainda emergente. Além das boas práticas internacionais, é importante considerar a experiência, principalmente regulatória, do setor de O&G *offshore*, pois algumas ações e decisões em termos de concessão e uso da área podem ocorrer de modo semelhante para eólica *offshore*.

O3. Existência de agências reguladoras com potencial para atuar no setor

O Brasil possui agências reguladoras com potencial para estabelecer e fiscalizar a regulação necessária para o funcionamento do setor eólico *offshore* no país. As agências reguladoras também podem funcionar como agências centralizadoras, modelo utilizado em alguns países, que visa coordenar instituições públicas envolvidas no processo de regulatório para simplificar o processo. A agência centralizadora reúne informações no processamento de pedidos, análises, autorizações e licenças, permitindo um processo mais eficiente.

O4. Experiência do sistema brasileiro de normalização, acreditação e certificação

O sistema brasileiro de normas é moderno e atuante, inclusive no setor de energia solar e eólica *onshore*, o que representa uma oportunidade dessas entidades para o desenvolvimento dessa vertente no setor eólico *offshore*.

¹³ Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*.

3.3. Financiamento

A fase de financiamento de projetos de usinas eólicas *offshore* é uma atividade complexa, que reúne diversas partes interessadas, além das instituições financeiras.

3.3.1. Instituições de financiamento e incentivos internacionais

O financiamento de uma usina eólica é um financiamento de projeto que envolve a criação de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE), a qual será a proprietária do projeto. O objetivo é limitar o risco à SPE e não aos seus membros fundadores. Conforme relatório do BEP (2021d), os principais participantes do financiamento de uma usina eólica *offshore* são:

- Os patrocinadores que injetam capital próprio no SPE: são os proprietários finais da usina e, portanto, aqueles que receberão os lucros do projeto (receitas após custos e serviço da dívida). As empresas costumam ser concessionárias de serviços públicos com balanços financeiros sólidos (Vattenfall, EDF, Northland Power) ou gestores de ativos (Copenhagen Infrastructure Partners, Macquarie Infrastructure and Real Assets, Green Investment Group).
- Os provedores de financiamento: fornecem financiamento ao projeto e, na maioria dos casos, são instituições financeiras, como bancos comerciais ou de desenvolvimento. A razão entre capital próprio e dívida é, normalmente, cerca de 80% durante a fase de construção. Uma vez que a usina está em operação, o projeto é refinanciado pelos acionistas, o que leva a um índice de endividamento de 90% com taxas de juros mais baixas, refletindo a incerteza do fluxo de caixa e menores riscos operacionais/de construção.
- Os assessores: são profissionais da área jurídica, banqueiros de investimento e consultores técnicos. Seus serviços visam fornecer os melhores contratos em termos financeiros e resultados de projeto para seus clientes. O trabalho desses profissionais envolve negociações de contratos, modelagem financeira, análise de custos e previsão de desempenho técnico/rendimentos de energia.

- As seguradoras: o valor principal das seguradoras vem da redução do risco do projeto aos olhos dos patrocinadores de capital e provedores da dívida. No caso de desafios técnicos, condições climáticas adversas, atrasos na construção ou reembolso de garantia, o seguro irá compensar o projeto pela perda de lucro. Algumas das principais seguradoras são: Munich Re, AIG, Swiss Re, Aviva, Allianz e Chubb.
- Agências de Crédito Estrangeiras: proporcionam garantias aos investimentos internacionais contra riscos não comerciais, como expropriação, quebra de contrato, moeda e não cumprimento de obrigações. Isso é atraente onde há risco geopolítico e/ou onde se sabe que o pagamento dentro do prazo é um problema e esses serviços são, por vezes, exigidos legalmente pelos provedores de dívida. As agências de crédito estrangeiras devem ter um papel relevante para os investidores internacionais interessados no setor eólico *offshore* do Brasil, pois a inclusão desses serviços de garantia pode reduzir as taxas de juros da dívida (conforme o risco é mitigado). A agência Multilateral Investment Guarantee Agency é uma empresa membro do Banco Mundial que participou de projetos de eólica *offshore* e irá (sujeito às condições) subscrever pedidos de compra de empresas britânicas que exportam globalmente.

- ***Outros suportes para PMEs***

Introduzir novas tecnologias no mercado ou entrar no setor eólico *offshore* torna-se difícil devido à complexidade tecnológica, requisitos de testes rígidos e protocolos de padronização e certificação, além dos ciclos longos de comercialização e instalação dos projetos de novos parques. Existem programas de apoio para ajudar as PMEs a superar estas grandes barreiras por meio de financiamento ou outro tipo de apoio. As principais categorias são:

- Venture Capital: os fundos de *Venture Capital* (VC) são voltados para empresas inovadoras em estágio inicial. Os VCs costumam atuar em uma região específica, o que os permite avançar sua rede para encontrar e apoiar empresas. Os VCs geralmente não financiam as PMEs de eólica *offshore* devido aos custos iniciais elevados em testes e aos longos ciclos de vida e de comercialização dos projetos. Com vistas a preencher esta lacuna, o Governo do Reino Unido impulsionou a criação do Clean Growth Fund (organização membro da Carbon Limiting Technologies), que tem como foco os investimentos em empresas de tecnologia limpa em estágios iniciais de desenvolvimento, incluindo as empresas voltadas para eólica *offshore*. Além disso,

a National Grid Partners (uma subsidiária da operadora do sistema de transmissão do Reino Unido) visa empresas de tecnologia limpa em estágio inicial.

- Suporte ao desenvolvimento e comercialização de tecnologia: entrar ou fazer a transição para o mercado eólico *offshore* é uma tarefa complexa e demorada com resultados incertos. Esse é o caso quando os serviços e ofertas para PMEs são baseados em novas tecnologias que ainda não chegaram ao mercado. Para isso, o Reino Unido criou instituições no intuito de facilitar a entrada no mercado e a consequente comercialização. A mais importante dessas instituições é a ORE Catapult, que reúne a indústria, as PMEs e outros participantes da cadeia de suprimentos para reduzir os custos da eólica *offshore* e aumentar a adoção de tecnologias inovadoras para os desafios apresentados pelo setor. A ORE Catapult atua e oferece suporte de formas diversas: experiência técnica, impulsiona projetos colaborativos e disponibiliza instalações de teste/pesquisa no local, as quais podem ser utilizadas pelas empresas. Além disso, também é responsável por programas de desenvolvimento de tecnologia inovadora para PMEs, que são desenvolvidos em conjunto com a indústria e o governo local com base nas necessidades do setor. Os exemplos são: o Technology, Innovation & Green Growth for *Offshore* Renewables (TIGGOR: consultar o Estudo de Caso 2) e Fit 4 Renewables *Offshore* (F4OR). O Reino Unido também hospeda vários aceleradores (como o *Offshore* Wind Accelerator, da Carbon Trust, e a ORE's Launch Academy) para ajudar a desenvolver e comercializar tecnologias de PMEs, *startups* e *spin-outs*, os quais geralmente fornecem uma combinação de subvenção econômica, consultoria de negócios, acesso a instalações de teste e os passos iniciais para desenvolver a tecnologia e demonstrar sua viabilidade.

3.3.2. Instituições de financiamento e incentivos nacionais

Independentemente de onde vêm os recursos, seja do setor público, seja do setor privado, os mecanismos destinados a financiar investimentos em inovação tecnológica são diferentes daqueles voltados ao financiamento convencional, já que envolvem os componentes de risco e de tempo de desenvolvimento.

O financiamento de projetos inovadores é feito por meio de uma combinação de diferentes instrumentos financeiros de mercado e de instrumentos financeiros de

fomento, oferecidos pelos governos da maior parte dos países desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, assim como por dispositivos de colaboração internacional.

No Quadro 14, embora ainda não seja possível associar diretamente as linhas de crédito e instrumentos disponíveis à cadeia de valor e inovação da energia eólica *offshore*, objetiva-se tratar, de forma genérica, os principais instrumentos observados no Brasil, conforme o Guia do Investidor (BEP, 2021) e o relatório do BEP (BEP, 2021e).

Quadro 14 – Instrumentos financeiros nacionais

Instrumentos financeiros	Descrição	Instituições mapeadas
Crédito	O crédito bancário convencional é o instrumento mais usual para apoio financeiro às empresas. Trata-se de crédito a juros de mercado, balizados pelo risco e pelo prazo contratado para a amortização do financiamento. Agentes governamentais de fomento oferecem crédito para projetos inovadores com juros menores que os praticados por bancos comerciais.	<ul style="list-style-type: none"> • BNDES • FINEP • Banco do Brasil • Banco da Amazônia • Banco do Nordeste • Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais • Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo • Banco Regional de Desenvolvimento • Agências de fomento estaduais
Participação no capital das empresas	Agentes de mercado e organizações podem participar do capital das empresas ao invés de ofertar-lhes crédito. Assim, participam do risco dos projetos e avaliam as empresas com a necessidade de oferecer garantias. Exigem participação elevada no resultado da empresa investida, que deve apresentar prognóstico de crescimento acelerado. Pode ocorrer de diretamente (via aquisição de parte do capital social) ou indiretamente (via aquisição de cotas de fundos de capital de risco e <i>private equity</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Participação direta: BNDES Participações; FINEP • Participação indireta: BNDES; FINEP; agências estaduais de fomento; bancos regionais; BID; CAF; IFC
Subvenções e prêmios financeiros	Normalmente, são aportes menores, destinados a escopos específicos e não se mostram suficientes para cobrir todos os investimentos	<ul style="list-style-type: none"> • BNDES • FINEP • Banco da Amazônia • GIZ

	necessários em um empreendimento eólico <i>offshore</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • BEP • Programa Eureka • CAF • BID • Banco Mundial • Fundação Ford • Fundação Bill e Melinda Gates • Greenpeace • Empresas do setor elétrico e de petróleo no formato de projetos de P&D
Serviços tecnológicos subvencionados	São recursos não reembolsáveis para a contratação de pesquisa e assessoramento tecnológico junto a entidades credenciadas, em resposta à chamada por editais.	<ul style="list-style-type: none"> • FINEP • EMBRAPPII • SENAI • SEBRAE
Fundos de aval	Categoria de crédito tomada por empresas, que desenvolvam projetos julgados meritórios, com capacidade de crédito, mas desprovidas de garantias em quantidade suficiente.	<ul style="list-style-type: none"> • SEBRAE (principal fundo de aval)
Incubação e aceleração	Projetos de incubação e aceleração podem incluir serviços de suporte como: apoio locacional; consultorias tecnológicas; consultorias de negócios; consultorias financeiras e contábeis; acesso a facilidades e laboratórios especializados.	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de fomento (notadamente o BNDES) • Universidades • Institutos de Pesquisa • Empresas de grande porte
Incentivos fiscais	Consultar Guia do Investidor	Consultar Guia do Investidor
Financiamento e apoio a MPMEs e à inovação	Consultar Guia do Investidor	Consultar Guia do Investidor
Cooperação internacional	Os programas de apoio à internacionalização estão focados em dar suporte aos seguintes tipos de iniciativas: qualificação de empreendedores em processo de internacionalização; desenvolvimento de projetos de exportação e atração de investimentos; fomento à cooperação e ao desenvolvimento tecnológico com parceiros globais; promoção do intercâmbio comercial de bens, serviços e tecnologias entre empresas brasileiras e estrangeiras.	<ul style="list-style-type: none"> • APEX Brasil • CNI • EMBRAPPII • ENRICH • FUNCEX • SEBRAE

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

3.3.3. Gargalos e oportunidades

Tendo em vista as atividades envolvidas nas atividades de financiamento e a análise de instituições de financiamento e incentivos nacionais, foram identificados possíveis gargalos e oportunidades relacionados ao financiamento dos projetos eólicos *offshore*.

a. Gargalos

G1. Inexistência de linhas de crédito específicas para eólica *offshore*.

Apesar de apresentar similaridades com a eólica *onshore*, a eólica *offshore* possui particularidades, principalmente pelo seu desenvolvimento acontecer em ambiente marinho, tornando-a mais complexa e de maior risco. Além disso, são projetos que demandam maior volume de investimentos (CAPEX). Dessa forma, faz-se necessário a existência de linhas de crédito específicas para essa fonte, que estimulem o seu desenvolvimento e considerem seus riscos.

b. Oportunidades

O1. Existência de instituições financiadoras para o desenvolvimento de novos negócios

Novos negócios podem ser financiados a partir de fontes de crédito com juros mais baixos ou a partir de editais de subvenção econômica. Instituições como o BNDES, BNB e o Banco do Brasil possuem experiência com concessão de crédito para novos empreendimentos, seja para desenvolvedores de projetos, fabricantes de componentes e prestadores de serviços.

O2. Experiência na concessão de crédito para eólicas *onshore*

O Brasil possui experiência com concessão de crédito para projetos de geração de energia a partir de fontes renováveis. Instituições como o BNDES e o BNB têm uma importante participação na concessão de crédito para projetos de eólica *onshore*.

Além disso, essas duas instituições estão adquirindo conhecimento sobre a eólica *offshore* e consideram que serão financiadores de projetos para esse setor.

O3. Experiência com incentivos fiscais na eólica *onshore*

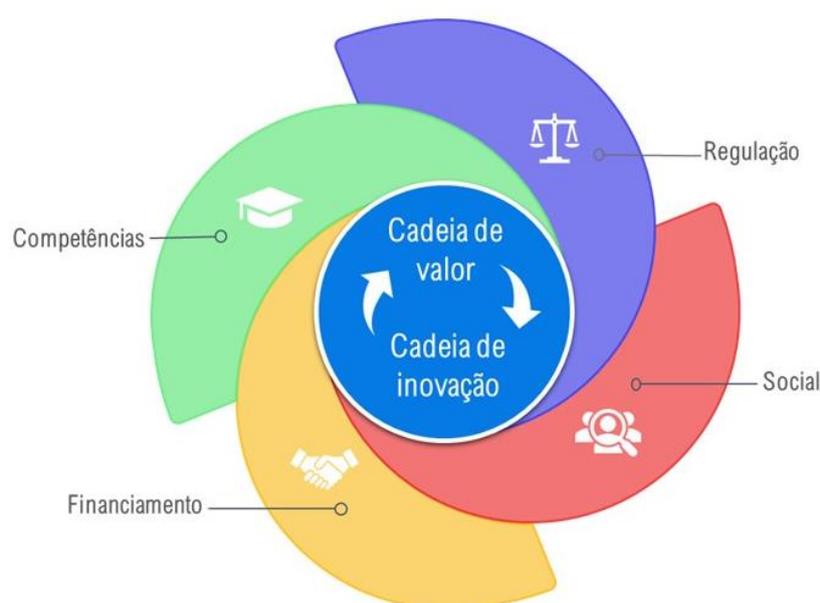
No Brasil, algumas usinas eólicas *onshore* são beneficiadas por incentivos fiscais. O benefício fornecido pela SUDENE dá ao empreendimento o direito a redução de 75% do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ). Um outro benefício que pode favorecer esses projetos é o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (REIDI), o qual suspende a exigência da contribuição para o Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS). A experiência desses incentivos pode ser aplicada no novo setor.

4. Diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação da eólica *offshore* do Brasil

Com base nos gargalos e oportunidades identificados no estudo, nesta seção propõem-se diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica *offshore* no Brasil, representado pela Figura 15.

Devido a este setor representar um novo mercado para o país, o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação recebe forte influência das dimensões: Competências, Regulação, Financiamento e Social. Para estas dimensões também são apresentadas recomendações, limitados a assuntos específicos, que influenciam diretamente o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação.

Figura 15: Diretrizes e recomendações para o desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica offshore no Brasil



Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

4.1. Cadeia de valor

1.1. Adoção do princípio *leagile* para gestão da cadeia de valor

Devido às especificidades do setor e à natureza dos projetos de usinas eólicas *offshore*, a gestão da cadeia de valor é de suma importância. Assim, a abordagem híbrida *leagile* poderia ser utilizada na coordenação da cadeia para ter respostas

rápidas aos eventos inesperados (princípios do *agile*) nos elos, ao mesmo tempo que se busca um nível de custos enxuto (princípios do *lean*¹⁴).

1.2. Conscientização dos responsáveis pela elaboração de políticas públicas acerca dos benefícios e da competitividade da fonte eólica offshore no Brasil

Para que a energia eólica *offshore* se desenvolva em um mercado emergente é importante que os responsáveis pela elaboração de políticas públicas do país sejam conscientizados acerca dos benefícios que esta fonte de energia limpa representa para o país, possibilitando-lhe inclusive, a exportação de energia limpa por meio do hidrogênio verde. Ademais, potencializar a produção de hidrogênio verde via eólica *offshore* constituiria uma forma importante de seguir as diretrizes do Programa Nacional de Hidrogênio lançadas pelo Conselho Nacional de Política Energética.

Essa conscientização poderia ser por meio de *workshops* e reuniões técnico-científicas, promovida pela Academia, Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), MME (no âmbito da EPE) e Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), e permitiria que fossem direcionadas estratégias e políticas para que se alcance uma economia verde, com segurança da matriz energética nacional e exportação a outros países que demandam energia de fonte limpa e renovável, como é o caso da Alemanha, do Japão, dentre outros.

1.3. Fortalecimento da cadeia de valor por meio da integração da indústria, instituições de ensino e pesquisa, associações e PMEs

A integração da indústria com instituições de ensino e pesquisa, associações e PMEs pode contribuir para o fortalecimento da futura cadeia de valor brasileira por meio do impulso ao desenvolvimento tecnológico e a troca de expertises, tendo o Ministério de Desenvolvimento Regional e a ABDI os papéis de impulsionar tal integração.

1.4. Estabelecimento de metas de participação da fonte eólica offshore na matriz elétrica brasileira

¹⁴ Os princípios *Lean* ou enxutos estão alinhados com a filosofia da melhoria contínua (também denominado *Kaizen*) e tem como objetivo a redução dos diferentes tipos de desperdício que ocorrem nas atividades ao longo da cadeia.

Visando aumentar a confiança de mercado para atração de investidores, é recomendado que o Governo Federal, por meio do MME, inclua a energia eólica *offshore* no plano nacional de energia e estabeleça medidas práticas para o desenvolvimento desta fonte, tais como metas de participação da eólica *offshore* na matriz energética brasileira.

1.5. Lançamento de editais para leilões de contratação de energia regulada específico para eólica *offshore*

Devido à entrada de uma nova fonte de energia e ao alto custo de investimento inicial, a viabilização dos primeiros projetos eólicos *offshore* dependerão da contratação de energia regulada em leilões coordenados pelo MME/ANEEL para a eólica *offshore*, pois garantem ao investidor a contratação de energia de longo prazo.

Como vem ocorrendo desde 2013, os leilões regulados são realizados por fonte, por tecnologia, o que permite a precificação adequada da característica técnica e econômica da fonte. O que permite uma grande competitividade na medida que a tecnologia avança.

1.6. Estabelecimento de um programa de desenvolvimento industrial para o setor eólico *offshore*

Visando o desenvolvimento industrial da cadeia de valor, em concomitância com o desenvolvimento do setor, é importante que seja elaborado um programa de desenvolvimento industrial para o mercado eólico *offshore* pelo Governo Federal, Ministério de Economia, Confederação Nacional da Indústria com envolvimento dos principais *stakeholders*. No programa de desenvolvimento industrial devem ser delineadas as estratégias para o desenvolvimento da cadeia, considerando quais elos da cadeia devem ser focadas no curto, médio e longo prazo.

1.7. Estruturação do plano de zoneamento espacial marinho para evitar conflito entre a eólica *offshore* e outras atividades econômicas

Um dos possíveis impactos negativos da instalação de usinas eólicas *offshore* são conflitos de uso do território marítimo com outras atividades econômicas, seja pela interferência em rotas marítimas, no turismo, em radares ou na afetação de atividades

pesqueiras. Nesse sentido, a elaboração do zoneamento espacial marinho pela Marinha do Brasil e o Ministério do Meio Ambiente seria importante para evitar esse impacto negativo (BEP 2020a) e promover maior rapidez no processo regulatório de usinas.

1.8. Desenvolvimento da infraestrutura portuária para o setor eólico *offshore*

Considerando a experiência internacional e a análise dos portos existentes no país, a ausência de infraestrutura portuária de instalação de usinas é vista como um gargalo para o desenvolvimento do setor.

No que diz respeito à infraestrutura portuária que atenda à instalação de uma usina, há diversos requisitos que devem ser considerados, conforme mencionado anteriormente, que não são encontradas no país. Além disso, os portos existentes também não possuem condições propícias para realizar adaptações para essa finalidade. Assim, recomenda-se que os governos estaduais, juntamente com a Secretaria Nacional de Portos e Transporte Aquaviários e o Ministério do Desenvolvimento Regional, elabore planos para a criação de uma nova infraestrutura portuária, como o projeto do Porto Indústria no Rio Grande do Norte, que pretende congrega áreas de fabricação, montagem, manuseio, armazenamento e demais requisitos para a cadeia de valor.

1.9. Ampliação da capacidade de infraestrutura em linhas de transmissão, de centros de geração para centros de demanda, visando ações coordenadas com o Sistema Interligado Nacional (SIN)

Com base na experiência da eólica *onshore* destacada pelos entrevistados, o país enfrentou um desafio para a expansão do setor pela falta de capacidade de infraestrutura em linhas de transmissão. Recomenda-se que a capacidade de infraestrutura em linhas de transmissão seja ampliada, em conjunto com as ações do Sistema Interligado Nacional (SIN) para que não se torne um gargalo para o desenvolvimento do setor eólico *offshore* (BEP 2020b). Essa ação pode ser realizada pela ONS. É essencial que esse descompasso seja solucionado a tempo para a introdução do setor eólico *offshore*, pois a capacidade adicionada por cada projeto *offshore* representa significativa quantidade de energia a ser inserida nas linhas de transmissão.

1.10. Definição de uma política de conteúdo local gradativa e flexível

Para incentivar o desenvolvimento da indústria nacional é importante que seja incluída uma política de conteúdo local pelo governo federal e bancos de financiamento, como o BNDES e o BNB. Essa estratégia foi utilizada pela indústria eólica *onshore* e pode ser considerada como uma boa prática, visto que, em menos de 10 anos, o Brasil conseguiu atingir a maturidade da cadeia eólica *onshore*.

1.11. Atração de empresas da cadeia de valor global com interesse em participar da cadeia no Brasil principalmente nos elos em que existem gargalos

Pela análise da cadeia de valor e os *outputs* das entrevistas com *stakeholders* foram identificados como gargalos para a cadeia: o fornecimento de fundações de aço, fornecimento de peças de transição, serviços de embarcações para instalação e serviços de reuso, reciclagem ou disposição final. A fim de promover o desenvolvimento da cadeia de valor nacional, a atração de empresas que atuam na cadeia de valor global pode ser utilizada como estratégia pela ABEEólica e os governos dos Estados que possuem projetos de eólica *offshore* em estudo, por meio de eventos estaduais e/ou nacionais como o Fórum Nacional Eólico, o Brazil Windpower, dentre outros.

1.12. Promoção do intercâmbio *know-how* e tecnologias a partir da formação de *joint ventures* entre empresas brasileiras e estrangeiras

A formação de parceiras de *joint venture* entre empresas brasileiras e estrangeiras é recomendada a fim de promover a transferência de *know-how* e tecnologias. Por meio desta é possível capacitar a mão de obra nacional, importar a tecnologia, além de manter uma relação de ganha-ganha entre seus participantes.

Ademais, a realização de rodadas de negócios comerciais e tecnológicas entre empresas nacionais e internacionais, assim como a realização de missões técnicas podem favorecer a formação de parcerias comerciais e tecnológicas para o desenvolvimento do setor.

1.13. Definição de políticas de suporte e financiamento para formação de *clusters* industriais por meio da atração de grandes empresas e PMEs

Para a formação da cadeia de valor brasileira de eólica *offshore*, a criação de *clusters* industriais promoverá a atração de empresas de grande porte já consolidadas no setor e a introdução de PMEs na cadeia, que beneficiaria muito o desenvolvimento socioeconômico da região. O incentivo à criação dos *clusters* pode ocorrer por meio de políticas de suporte e financiamento, tendo como principais responsáveis o Ministério de Economia e o Ministério de Desenvolvimento Regional.

1.14. Suporte ao desenvolvimento de pequenas empresas com apoio de instituições de fomento

As PMEs têm potencial para participar na futura cadeia de valor brasileira de eólica *offshore*. Para isso, instituições como o SEBRAE e a Confederação Nacional da Indústria, entre outras, são essenciais para dar apoio ao desenvolvimento dessas empresas.

1.15. Monitoramento do desenvolvimento da cadeia de valor nacional por meio da análise do conteúdo local

O desenvolvimento da cadeia de valor nacional deveria ser monitorado também por meio da análise da proporção de conteúdo local adicionado, sendo uma inserção do conteúdo local de forma gradativa e flexível para possibilitar a sustentabilidade da cadeia, tendo o Ministério de Desenvolvimento Regional e a ABEEólica papel fundamental nessa inserção do conteúdo local.

4.2. Cadeia de inovação

2.1. Definição de políticas de incentivo para o setor privado investir em PD&I

Para incentivar a PD&I no setor eólico *offshore* nacional, o Governo Federal poderia criar políticas que determinem que o setor privado (proprietários de usinas eólicas *offshore*) invista de forma obrigatória um percentual de suas receitas em PD&I, com a participação de universidades e centros de pesquisa, como a experiência bem-sucedida do setor de O&G nacional.

2.2. Criação e/ou adaptação de cursos de mestrado e doutorado para formação de profissionais que atuem em PD&I do setor eólico offshore

Nas universidades brasileiras mapeadas foram identificados programas de pós-graduação que pesquisam sobre áreas em sinergia com a eólica *offshore*, como é o caso da engenharia civil, engenharia mecânica, engenharia de materiais, engenharia de petróleo e gás *offshore*, engenharia naval, dentre outros. Esses cursos podem ser adaptados para o estudo com foco na energia eólica *offshore*, juntamente com a criação de novos programas de pós-graduação específicos com a finalidade de aumentar o oferecimento de linhas de pesquisa específicas para o setor eólico *offshore*.

2.3. Criação de institutos de pesquisa e/ou centros de excelência para promoção de PD&I no setor

O aumento de PD&I no setor eólico nacional pode ocorrer com a parceria entre centros de pesquisa e universidades, por meio da criação de Institutos de Pesquisa e/ou centros de excelência com o foco na eólica *offshore*. O Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, junto com as universidades e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, podem contribuir com essa ação.

2.4. Implementação de plantas piloto de usinas eólicas offshore para ganhar maior maturidade da tecnologia

Para o início do setor, o governo brasileiro por meio do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação deveria investir na implantação de plantas piloto de usinas eólicas *offshore*, permitindo o aumento de conhecimento e experiência das operações, das especificidades e da cadeia de valor atual no Brasil, trazendo uma maior maturidade à tecnologia.

2.5. Incentivo ao surgimento de PMEs, spin-offs e startups de base tecnológica, por meio de editais de inovação e programas de inovação aberta

Recomenda-se mapear *gaps* tecnológicos das grandes empresas do setor e realizar chamada de projetos para que MPMEs, *spin-offs* e *startups* possam participar do desenvolvimento de tecnologias que utilizem princípios de *big data*, IoT, IA e *digital twin*, aplicados, por exemplo, à análise de dados, otimização de projetos, dentre

outros. Também, mobilizar unidades da EMBRAPA, SEBRAE, Universidades, Centros de pesquisa, FINEP e FAPS que possam participar do processo, seja com editais de financiamento/suporte ao desenvolvimento dos projetos de inovação ou com desenvolvimento de soluções tecnológicas.

2.6. Fomento ao desenvolvimento de tecnologias para armazenamento de energia de fonte renovável

Na atual matriz energética do Brasil, não há sistemas e infraestrutura para o armazenamento de energia de fonte limpa e renovável. Assim, o fornecimento elétrico é vulnerável às variações meteorológicas, pois a maior parte da matriz elétrica provém de hidrelétricas e de parques eólicos. Essa característica gera ao sistema dificuldade de sincronizar horários com maior demanda de energia com o período de grande fornecimento.

Esse fator pode ser mitigado com o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energias, como a produção de hidrogênio verde. A implantação da produção de hidrogênio verde juntamente com as usinas eólicas *offshore*, permite estocar a energia gerada sobressalente para momentos oportunos de baixo fornecimento ou de alta demanda. Nesse sentido, recomenda-se o fomento ao desenvolvimento de tecnologias para armazenamento de energia pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e o MEC.

2.7. Mapeamento dos *gaps* tecnológicos do setor

Realizar a prospecção tecnológica da energia eólica *offshore* como forma de identificar o avanço tecnológico. O resultado da prospecção da tecnologia identificará temas estratégicos para os projetos de PD&I do setor eólico *offshore* nacional.

2.8. Desenvolvimento de parcerias com instituições internacionais de PD&I

O desenvolvimento de parcerias terá como objetivo realizar processos de co-desenvolvimento tecnológico, envolvendo pesquisadores e empresas nacionais e

internacionais. Recomenda-se que cada instituição de pesquisa desenvolva parcerias intermediadas por projetos de PD&I patrocinados pelos Fundações Estaduais de Apoio a Pesquisa, FINEP, CNPq, dentre outros.

4.3. Dimensões transversais

a. Competências

a.1. Alinhamento entre o setor produtivo e o MEC para criação de cursos de desenvolvimento de competências e habilidades focados no setor eólico offshore

Visando o desenvolvimento de um novo setor econômico no Brasil e considerando os investimentos potenciais em eólica *offshore*, há necessidade de promover um alinhamento entre o setor industrial e o setor educacional (instituições de ensino e capacitação) para adaptarem os seus currículos a esse novo mercado. A recomendação também inclui a atualização da matriz curricular de alguns cursos existentes e/ou a criação de novos cursos específicos, para atender a demanda do setor.

A criação de programas pelo MEC para ampliar a oferta de cursos em eólica *offshore* estimulará às empresas a uma maior inversão no setor. Além disso, incentivos na ampliação de infraestrutura de laboratórios, aquisição de equipamentos (podem ser adquiridos através de parcerias com as empresas fabricantes) e intercâmbio entre centros de pesquisa de países que dominam essa tecnologia, possibilitará maior desenvolvimento e oportunidades para a população.

Assim, recomenda-se que o MEC, Universidades, MME, Confederação Nacional da Indústria e o Ministério da Economia estejam alinhados para dar seguimento a essa ação.

a.2. Especialização e aproveitamento da mão de obra atuante em outros setores econômicos, como O&G offshore, eólica onshore, indústria naval, etc.

A mão de obra do setor de O&G *offshore*, credenciada pela *Offshore Petroleum Industry Training Organization* (OPITO), pode se capacitar para obter o credenciamento pela *Global Wind Organization* (GWO) e atuar no setor eólico *offshore*. No Brasil, instituições como os IFES e o SENAI poderiam adaptar seus cursos de formação de mão de obra técnica da eólica *onshore* para a *offshore*.

a.3. Capacitação da mão de obra local para atuar no setor eólico offshore de forma direta (como técnicos e engenheiros) e indireta (turismo, hotelaria e restaurantes)

Ao introduzir o mercado de energia eólica *offshore*, as regiões próximas aos parques eólicos passarão a receber uma quantidade elevada de pessoas externas. Dessa forma, haverá oportunidade de desenvolver a região por meio de investimentos na rede hoteleira, em restaurantes e no turismo. Além disso, poderá haver a capacitação da comunidade local, cada qual dentro das suas tradições e limitações, inserindo-os como membros estratégicos na cadeia. Isso também ajudará a reduzir o deslocamento de trabalhadores de uma região para outra. Instituições como Universidades, SEBRAE e SENAI podem atuar como parceiros estratégicos na formação de novos negócios e na capacitação dos novos empreendedores.

a.4. Criação e atração de centros de treinamento especializados em eólica offshore credenciados, por exemplo pela GWO (Global Wind Organization)

Os centros de treinamento especializados serão necessários para que a demanda por trabalhadores *offshore* seja satisfeita. Isso representa uma oportunidade para grandes provedores de treinamento, por exemplo, Maersk Training (Reino Unido, Dinamarca), Relyon Nutec (Reino Unido, EUA) e PMEs, por exemplo AIS/3T Energy (UK) para participar da cadeia de valor nacional, além das instituições brasileiras como o SEBRAE, SENAI e a iniciativa privada.

a.5. Criação e/ou adaptação de cursos técnicos e de graduação para formação de profissionais que atuem no setor eólico offshore

As Instituições de Ensino Superior (IES) ofertam cursos que compreendem desde as engenharias mais tradicionais (Mecânica, Elétrica, Civil), como as mais específicas (Computação, Ambiental, Produção, Energia, dentre outros). Por se tratar de

conhecimentos que são exigidos em projetos de energia eólica *offshore*, poderia haver adaptações nas grades curriculares dos cursos de forma a atender as demandas específicas do setor, bem como despertar o interesse dos alunos por esse novo mercado.

De forma similar nos cursos técnicos, os IFES e o Instituto Senai de Inovação (ISI) podem adequar seus cursos técnicos para esse novo segmento.

b. Regulação

b1. Estabelecimento de um marco regulatório para a concessão da área de projetos eólicos *offshore*

Embora tenha sido publicado o Decreto de Lei 10946 em janeiro 2022, é importante que seja estabelecido um marco regulatório, com informações detalhadas, para concessão da área de projetos eólicos *offshore* pelo Poder Legislativo. Esse marco possibilitará a aprovação de projetos nacionais que já estão em tramitação e atrairá investidores para submissão de novos projetos devido à maior estabilidade e segurança proporcionada por uma regulação clara.

b.2. Definição de uma agência centralizadora para estabelecimento de unicidade na tramitação da concessão da área e o licenciamento ambiental de projetos eólicos *offshore*

Objetivando simplificar o processo de regulação das usinas eólicas *offshore*, é recomendada a definição de uma agência centralizadora pelo Governo Federal, que atue na tramitação da concessão da área e o licenciamento ambiental de projetos eólicos *offshore*. Observada como boa prática em países com a cadeia eólica *offshore* madura, essa estratégia facilita o processo regulatório por agrupar a documentação e informações em apenas uma agência, tornando mais fácil a análise destes pelos órgãos envolvidos, como para os desenvolvedores, que precisam se dirigir apenas a uma agência no processo como um todo.

c. Financiamento

c1. Uso de experiências e boas práticas de financiamento obtidas do setor eólico *onshore* no novo setor

Instituições financeiras como o BNDES e o BNB possuem linhas de financiamento voltadas para o setor de infraestrutura, as quais incluem projetos de geração de energia. Atrelando esse produto à experiência que possuem com financiamento de projetos eólicos *onshore*, seria possível considerar a energia eólica *offshore* como uma nova fonte de energia em seu portfólio, levando em conta os riscos inerentes a essa tipologia de projetos.

c2. Expansão de incentivos fiscais da eólica *onshore* para a *offshore*

Benefícios provenientes da SUDENE e do REIDI, conforme a experiência da eólica *onshore*, podem ser instrumentos importantes para contribuir também com a viabilidade econômica dos primeiros projetos eólicos *offshore* que serão instalados no país.

c3. Articulação e desenvolvimento de editais voltados à evolução das tecnologias do setor junto a FINEP e FAPS

O desenvolvimento desses editais pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologia nacional, promovendo o desenvolvimento do setor e tornando o país menos dependente da importação de produtos para o setor eólico *offshore*.

c4. Financiamento específicos dos bancos às PMEs para a inserção na cadeia de valor

Definição de termos de financiamento diferenciados (em prazo e taxas de interesse, por exemplo) pelo BNDES, BNB e outros bancos, que sejam adequados para as PMEs nacionais se estabelecerem na cadeia de valor da eólica *offshore*, como forma de contribuição para os ODSs.

d. Social

d1. Desenvolvimento socioeconômico local por meio da inserção de PMEs na cadeia de valor

Com a potencial inserção de PMEs brasileiras na cadeia de valor da eólica *offshore*, espera-se também o desenvolvimento socioeconômico da região onde as usinas eólicas serão instaladas. De acordo com experiências do setor eólico *onshore*, o desenvolvimento econômico e social é percebido principalmente pelo crescimento de indicadores como PIB, IDH, e a redução no Índice de Gini.

d2. Estabelecimento de programas e organizações associativas para integração das considerações de inclusão e diversidade (GESI) no setor

A fim de promover integração das considerações de inclusão e diversidade no setor, recomenda-se o estabelecimento de programas e organizações associativas que atuam especificamente nesse propósito. Estas podem ser criadas por organizações do setor privado e agências públicas que consideram nas suas decisões os princípios do ODS. Como exemplo, a associação ReWire (Regen's Women in Renewable Energy Network¹⁵) do Reino Unido, que promove a equidade de gênero e diversidade no setor energético por meio de ações, como programas de mentoria, *workshops* de desenvolvimento de habilidades, podcasts e campanhas digitais; e o Instituto de Energia da Transformação do Brasil¹⁶, que objetiva dar visibilidade, inspirar e impulsionar boas ideias e melhores práticas de inclusão, diversidade e desenvolvimento socioeconômico no setor de energia.

d3. Elaboração de guias de boas práticas para que as empresas da cadeia de valor promovam a inclusão social e equidade de gênero de maneira efetiva

Com a finalidade de promover a integração social e equidade de gênero no setor eólico *offshore*, é recomendada a elaboração de guias de boas práticas, pelo Sebrae e Agências governamentais vinculados, atribuídas às empresas e outros atores no setor para atingir metas alvo de participação de grupos GESI nas novas atividades do setor energético e assegurar a inserção dos princípios do ESG nas entidades

¹⁵ <https://www.regen.co.uk/area/women-in-renewables/>

¹⁶ <https://www.energiadatransformacao.org/>

participando no setor, inclusive na área de contratação de seus funcionários e empresas contratadas.

d4. Criação de bases de apoios regionais próximos aos projetos de usinas eólicas *offshore* para promoção do desenvolvimento regional

A criação de bases de apoio regionais, como Portos, tende a atrair empresas para se estabelecerem na região devido aos benefícios ofertados. Como consequência do estabelecimento das empresas, o desenvolvimento regional é promovido, como foi observado no Brasil com a eólica *onshore* e O&G *offshore*, gerando empregos, novas áreas de capacidade técnica, capacitação da mão de obra local e aumento de receita para o município. Assim, recomenda-se a criação das bases de apoio pelos governos estaduais e municipais como estratégia de desenvolvimento regional.

d5. Engajamento de governos municipais e comunidades locais nas demandas das usinas eólicas *offshore*

Além de promover o desenvolvimento regional é importante que os benefícios gerados incluam a população local. Nesse sentido, é recomendado o engajamento dos governos municipais e comunidades locais nas demandas das usinas eólicas *offshore*. Por meio desse engajamento, coordenado por instituições como o Sebrae, BNB e agências governamentais relevantes e/ou organizações não governamentais (ONGs) atuando na região, será possível promover maior inclusão GESI, iniciando pela educação da comunidade local sobre eólica *offshore* e o levantamento dos seus interesses e participação nas tomadas de decisões que as impactam.

d6. Investimento em geração de emprego local e novos negócios com recursos arrecadados da concessão de área

O valor arrecadado da concessão da área pelos municípios deveria ser investido na geração de emprego local e criação de novos negócios. Como benefícios desse investimento, as comunidades locais terão maior oportunidade de desenvolvimento socioeconômico regional. Para isso, é necessário que sejam realizados estudos de educação vocacional na região e sejam levantados dados das comunidades locais acerca de suas demandas atuais e necessidades futuras. Um destaque deveria ser

feito para capacitação em áreas de novos empregos vinculados ao desenvolvimento do setor eólico *offshore*.

d7. Inclusão de um valor, como critério, no edital de licitação de concessão da área, para o desenvolvimento da comunidade local

Como forma de incentivar o desenvolvimento e inserção da comunidade local no setor eólico *offshore* nacional, o Governo Federal e órgãos de regulação poderiam criar políticas e contrapartidas que determinem a inclusão de uma porcentagem do valor da concessão ou uma alocação anual, descrita nos editais de licitação de concessão das áreas, que seja destinada para externalidades positivas no âmbito do desenvolvimento local.

5. Conclusões

O potencial eólico *offshore* do Brasil representa mais de 6 vezes a capacidade instalada de todas as fontes de energia elétrica do país. Isso o projeta ao patamar de país exportador de energia de fonte limpa e renovável – por meio do vetor energético hidrogênio verde, por exemplo –, uma vez que há demanda de países, como a Alemanha, prospectando a importação desse tipo de energia.

O aproveitamento desse novo setor no Brasil demanda, dentre outros aspectos, o desenvolvimento de sua cadeia de valor local, pelas características e dimensões dos principais componentes de uma turbina eólica *offshore*. Nesse sentido, esse novo setor representa, também, uma oportunidade para o desenvolvimento regional, a partir da geração de novos empregos, sobretudo nos estados com potencial eólico *offshore*.

O *framework*, desenvolvido no estudo, representa a visão sistêmica que o país poderia seguir, com o objetivo de alcançar e manter a competitividade do setor eólico *offshore*. Nele são consideradas as atividades demandadas em cada fase do ciclo de vida de uma usina eólica *offshore* e as dimensões de suporte denominadas “Competências”, “Regulação” e “Financiamento”, que influenciam o desempenho das cadeias de valor e de inovação.

O resultado das entrevistas conduzidas no estudo, permitiu identificar os gargalos e as oportunidades para as cadeias de valor e de inovação e para cada dimensão analisada, bem como a elaboração de diretrizes e recomendações para o desenvolvimento da cadeia de valor e de inovação da eólica *offshore* no Brasil.

Para a cadeia de valor, identificou-se como principais gargalos: a ausência de infraestrutura portuária adequada e de embarcações especializadas para as atividades de instalação de usinas eólicas *offshore*; a imaturidade técnica de empresas nacionais para participar da cadeia; e ausência de conhecimento e experiência sobre o setor.

Quanto às principais oportunidades notam-se: a maturidade industrial dos setores de eólica *onshore* e O&G *offshore* que pode ser aproveitada; a integração com empresas do mercado de eólica *onshore* e O&G *offshore* para facilitar a tropicalização da tecnologia; a participação de empresas internacionais no Brasil e que atuam no setor eólico *offshore* de outros países; a inserção de empresas nacionais nas atividades do ciclo de vida, com especial atenção das PMEs, que promovem benefícios no âmbito social e corrobora com o que é defendido nas ações da GESI.

Como principais recomendações, portanto, concluiu-se que é necessário investir principalmente: na conscientização dos responsáveis pela elaboração de políticas públicas sobre os benefícios da fonte eólica *offshore*; na elaboração de um programa

de desenvolvimento industrial do setor; no fortalecimento da cadeia de valor pela integração entre indústria, instituições de ensino e pesquisa, associações e PMEs; no lançamento de editais para leilões de contratação de energia eólica *offshore*; na definição de uma política de conteúdo local gradativa e flexível; e na promoção do intercâmbio de *know-how* e tecnologias a partir da formação de *joint ventures* entre empresas brasileiras e estrangeiras.

Para a cadeia de inovação, os principais gargalos identificados foram: inexistência de editais de PD&I específicos para o setor e baixa integração entre os centros de PD&I brasileiros e o setor privado. Como principais oportunidades, o estudo concluiu: a possibilidade de “tropicalização” dos principais componentes da turbina *offshore*, como consequência o país em curto prazo possa ter domínio da tecnologia; a existência de agências de fomento nacionais para atuação também nesse setor; e uso de recursos de outros setores, como os do O&G, para atividades de PD&I da eólica *offshore*.

Portanto, é imprescindível investir: na criação e/ou adaptação de cursos de mestrado e doutorado para formação de profissionais que atuem em PD&I no setor eólico *offshore*; na fundação de institutos de pesquisa e/ou centros de excelência para promoção da PD&I; na implementação de plantas piloto; no incentivo ao surgimento de PMEs, *spin-offs* e *startups* de base tecnológica, resultante de atividades de pesquisa e desenvolvimento; e no desenvolvimento de parcerias com instituições internacionais de PD&I.

Para as dimensões transversais que influenciam e são influenciadas pelas cadeias de valor e de inovação do setor, no âmbito das competências, os principais pontos de atenção elencados foram: falta de mão de obra qualificada e especializada; falta de cursos que formem profissionais especialistas; e ausência de instituições especializadas e credenciadas para capacitação desse setor. Como oportunidades foram identificadas, principalmente, a possibilidade de formação de competências e habilidades por empresas nacionais e internacionais atuantes em setores sinérgicos, bem como a existência de cursos de nível técnico e superior que poderiam ser adaptados para atender o novo setor.

Como recomendações para a dimensão de “competências”, conclui-se que é importante o Brasil atentar principalmente para: o alinhamento entre o setor produtivo e o MEC para criação de cursos de desenvolvimento de competências e habilidades focados no setor; o aproveitamento da mão de obra atuante em outros setores econômicos sinérgicos; e a criação e atração de centros de treinamento especializados.

No âmbito social, concluiu-se sobre a importância de direcionar o desenvolvimento das cadeias de valor e de inovação implementando ações da GESI, por meio principalmente: da inserção das PMEs na cadeia e o consequente desenvolvimento socioeconômico; do estabelecimento de programas e organizações associativas para integração das considerações de inclusão e diversidade; da elaboração de guias de boas práticas para que as empresas promovam a inclusão social e equidade de gênero; e ainda atentar-se para os investimentos em geração de emprego local e novos negócios com foco no desenvolvimento das comunidades locais.

6. Autoria e desenvolvimento do estudo

Coordenação Técnica

Mario Orestes Aguirre González

Equipe Técnica

Alan Lowdon

Andressa Medeiros Santiso

David Cassimiro de Melo

Gabriela Soares do Nascimento

José Lavaquial Biosca Neto

Miriam Guimarães Ferraz

Monalisa da Silva Godeiro

Rafael Monteiro de Vasconcelos

Rukhsana Faiz Mann

Referências

Introdução

- BARBOSA, R. Inserção da energia eólica offshore no Brasil: análise de princípios e experiências regulatórias, USP, 2019.
- BEP. Offshore wind economic, social and environmental impact assessment. 2020a.
- BEP. Offshore wind assessment, port infrastructure, transmission lines, contracts and value chain, 2020b.
- BEP. Offshore wind – Development of a legal and regulatory framework draft. 2020c.
- BEP. Guia do investidor para o mercado de energia eólica offshore do Brasil. 2021.
- CASTRO, J.V. Características de um porto para suporte aos empreendimentos eólicos offshore: proposta de diretrizes. UFRN, 2019.
- DE FALANI, S. Y. A. et al. Trends in the technological development of wind energy generation. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, v. 19, n. 1, p. 43–68, 2020.
- GODEIRO, M. Characterization of a green port industry to support the offshore wind sector. UFRN, 2021.
- GONZÁLEZ, M. O. A. et al. Regulation for offshore wind power development in Brazil. *Energy Policy*, v. 145, n. August, 2020.
- GWEC. Global Wind Report | GWEC. Global Wind Energy Council, [s. l.], p. 75, 2021. Disponível em: <http://www.gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/>
- IBAMA. Mapas de projetos em licenciamento - Complexos Eólicos Offshore, 2021. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>.
- IBAMA, TERMO DE REFERÊNCIA Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA. 2020.
- IRENA. Fostering a blue economy Offshore Renewable Energy. [S. l.: s. n.], 2020
- MELO, D. Framework de um sistema especialista de análise econômica para empreendimentos de usinas eólicas offshore. UFRN, 2020.
- NASCIMENTO, G. Logistics decisions in the installation of offshore wind farms: framework proposal. UFRN, 2021.
- NUNES, J.P. Energia eólica offshore: um estudo de caso para análise da viabilidade técnico-econômica de uma usina marítima próxima à costa do Rio Grande do Norte. UFRN, 2020.
- POULSEN, T. Maritime Logistics in Offshore Wind. 2017. In: *Offshore Wind Supply Chain Conference*. Anais...Oslo: Offshore Wind Supply Chain Conference, 2017.
- SANTISO, A. Industrial development of the offshore wind supply chain in new markets. UFRN, 2021.
- SILVA, L. Diretrizes e boas práticas de licenciamento ambiental para instalação de usinas eólicas offshore no Brasil. UFRN, 2019.

- TRISTÃO, H. M. Cluster industrial: as tipologias, estratégias e governança. São Carlos, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3438/5823.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VASCONCELOS, R. Complexos eólicos offshore: Estudos sobre avaliação de impactos. IBAMA, 2019.
- WORLD BANK. Going Global-Expanding Offshore Wind to Emerging Markets. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>.

1. Cadeia de valor da eólica offshore

- AEGIR; COWI; PONDERA. Accelerating South Korean offshore wind through partnerships: a scenario-based study of supply chain, levelized cost of energy and employment effects, 2021.
- AIT-ALLA, A. et al. Improving the decision-making process during the installation process of offshore wind farms by means of information sharing. 2016. In: *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference*. Anais...2016.
- AKBARI, N. et al. A multi-criteria port suitability assessment for developments in the offshore wind industry. *Renewable Energy*, v. 102, p. 118–133, 2017.
- BARLOW, E. et al. A support tool for assessing the risks of heavy lift vessel logistics in the installation of offshore wind farms. 2014. In: *Marine Heavy Transport & Lift IV*. Anais...2014.
- BVG, 2019. A Guide to an Offshore Wind Farm Updated and extended.
- CASTRO-SANTOS, L.; DIAZ-CASAS, V. Life-cycle cost analysis of floating offshore wind farms. *Renewable Energy*, v. 66, p. 41–48, 2014.
- CHARTRON, S. Evaluating and Improving Logistics Costs During Offshore Wind Turbine Construction. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, v. 4, n. 4, p. 65–74, 2018.
- GODEIRO, M. Characterization of a green port industry to support the offshore wind sector. UFRN, 2021.
- GONZÁLEZ, M.O.A. et al. Regulation for offshore wind power development in Brazil. *Energy Policy*, v. 145, p. 111756, 2020.
- IOANNOU, A.; ANGUS, A.; BRENNAN, F. A lifecycle techno-economic model of offshore wind energy for different entry and exit instances. *Applied Energy*, v. 221, n. April, p. 406–424, 2018.
- IRAWAN, C. A. et al. A combined supply chain optimisation model for the installation phase of offshore wind projects. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 3, p. 1189–1207, 2018.
- IRAWAN, C. A.; JONES, D.; OUELHADJ, D. Bi-objective optimisation model for installation scheduling in offshore wind farms. *Computers and Operations Research*, v. 78, p. 393–407, 2017.

- JONES, L., DEMIRKAYA, M., BETHMANN, E. Global Value Chain Analysis: Concepts and Approaches. *United States International Trade Commission Journal of International Commerce and Economics*, 2019.
- JUDGE, F. et al. A lifecycle financial analysis model for offshore wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 103, n. July 2018, p. 370–383, 2019.
- KAISER, M. J.; SNYDER, B. Offshore wind energy installation and decommissioning cost estimation in the U.S. outer continental shelf. Herndon, 2010.
- MYTILINO, V.; KOLIOS, A. J. Techno-economic optimisation of offshore wind farms based on life cycle cost analysis on the UK. *Renewable Energy*, v. 132, p. 439–454, 2019.
- NASCIMENTO, G. Logistics decisions in the installation of offshore wind farms: framework proposal. UFRN, 2021.
- PATERSON, J. et al. Offshore wind installation vessels – A comparative assessment for UK offshore rounds 1 and 2. *Ocean Engineering*, p. 15, 2017.
- POULSEN, T. Logistics in offshore wind. Aalborg University, 2018.
- POULSEN, T.; HASAGER, C. B.; JENSEN, C. M. The role of logistics in practical leveled cost of energy reduction implementation and government sponsored cost reduction studies: Day and night in offshore wind operations and maintenance logistics. *Energies*, v. 10, n. 4, 2017.
- POULSEN, T.; LEMA, R. Is the supply chain ready for the green transformation? The case of offshore wind logistics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 73, n. September 2016, p. 758–771, 2017.
- SCHELTES, M. An offshore port concept to reduce the construction costs in offshore wind. TU Delft, 2018.
- SCHOLZ-REITER, B. et al. A MILP for installation scheduling of offshore wind farms. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, v. 5, n. 2, p. 371–378, 2011.
- SHAFIEE, M. Maintenance logistics organization for offshore wind energy: Current progress and future perspectives. *Renewable Energy*, v. 77, n. 1, p. 182–193, 2015.
- SHAFIEE, M.; BRENNAN, F.; ESPINOSA, I. A. A parametric whole life cost model for offshore wind farms. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 21, n. 7, p. 961–975, 2016.
- VOJDANI, N., LOOTZ, F. Designing supply chain networks for the offshore wind energy industry, 2012.
- WEIG, B. BONUS BALTSPEACE internal project report: Spatial Economic Benefit Analysis 2017.

2. Cadeia de inovação da eólica offshore

- FOXON, T. et al. Energy Technology Innovation: A Systems Perspective. London, 2007.
- GRUBB, M. Technology Innovation and Climate Change Policy: An Overview of Issues and Options. *Keio economic studies*, v. 41, n. 2, p. 103–132, 2004.
- GRUBB, M. et al. Induced innovation in energy technologies and systems: A review of evidence and potential implications for CO2 mitigation. *Environmental Research Letters*, v. 16, n. 4, 2021.

GRUBB, M.; HAJ-HASAN, N.; NEWBERY, D. Accelerating Innovation and Strategic Deployment in UK Electricity - Applications to Renewable Energy. In: *Delivering a low-carbon energy system: Technologies, Economics and Policy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 1–24.

IRENA. Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study. Abu Dhabi, 2021.

JENNINGS, T. et al. Policy, innovation and cost reduction in UK offshore wind. 2020.

3. Dimensões transversais

AURA ENERGY & UTILITY SKILLS. Skills and Labour Requirements of the UK Offshore Wind Industry. [s. l.], n. October, p. 1–143, 2018.

FEO, Ed; LUDMIR, Josh. Challenges in the Development and Financing of Offshore Wind Energy Challenges in the Development and Financing of Offshore Wind Energy. Roger Williams University Law Review, [s. l.], v. 14, n. 3, 2009. Disponível em: http://docs.rwu.edu/rwu_LR%5Cnhttp://docs.rwu.edu/rwu_LR/vol14/iss3/5

HANSON, Jens et al. Conditions for growth in the Norwegian offshore wind industry. International market developments, Norwegian firm characteristics and strategies, and policies for industry development. [S. l.: s. n.], 2019. E-book.

SANTISO, Andressa Medeiros. Industrial development of the offshore wind supply chain in new markets. 155 f. 2021. [s. l.], 2021.

VESTAS. Diversity & Inclusion mission statement, 2021. Disponível em: <https://www.vestas.com/en/sustainability/diversity-and-inclusion>.

Apêndices

Apêndice A – Relatório CLT

Em anexo ao documento.

Apêndice B – Oportunidades para Pequenas e Médias Empresas (PMEs) brasileiras

Há um consenso de que o apoio ao desenvolvimento das PMEs é essencial para estimular o crescimento econômico e uma maior equidade social, considerando que essas empresas geram aproximadamente 50% do PIB brasileiro (SEBRAE, 2021). Dada a importância das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) para o desenvolvimento sustentável local, foi realizado, de forma complementar, um estudo para identificar as possíveis oportunidades para as PMEs com potencial para atuar no setor eólico *offshore*.

Vale, primeiro, observar que este relatório foi construído por uma equipe do BEP no Brasil ao mesmo tempo que uma equipe do BEP no Reino Unido construiu um relatório análogo. Esta construção concomitante teve como um dos objetivos a troca de informações entre os dois grupos na busca conjunta por oportunidades no segmento. Sendo assim, decidiu-se pela utilização das definições regionais de PMEs, tanto no Brasil como na Europa (ver Tabela 1B).

Tabela 1B: Definição de MPMEs no Brasil e na Europa

Tamanho da empresa	Brasil			Europa	
	Faturamento (R\$ M)	Funcionários		Faturamento (€ M)	Funcionários
		Serviços e Comércio	Indústria		
MEI	Até 0,081	1	1	N/A	N/A
Micro	Até 0,36	Até 9	Até 19	Até 2	Até 9
Pequena	0,36 a 4,8	10 a 49	20 a 99	2 a 10	10 a 49
Média	4,8 a 300	50 a 99	100 a 499	10 a 50	50 a 249

Fonte: Lei 139/2011; Lei 11.638 de 2007; OECD

Nesse estudo detalhado foi realizado um mapeamento de bens e serviços que podem ser fornecidos pelas PMEs. O mapeamento das oportunidades para as PMEs baseou-se, primeiramente, na análise dos processos e atividades de cada elo da cadeia de valor do setor eólico *offshore*. Posteriormente, foi realizada uma análise das atividades das empresas dos setores que têm interfaces naturais, como petróleo e gás *offshore*, naval *offshore*, apoio marítimo e eólica *onshore*. A partir dessas análises foi compilada uma lista de bens e serviços para cada elo da cadeia de valor do setor eólico *offshore*, conforme apresenta o Quadro 1B.

Quadro 1B: Bens e serviços técnicos especializados que podem ser fornecidos por PMEs brasileiras

Fases da cadeia de valor	Fornecimento de bens ou serviços técnicos especializados
Projeto (Desenvolvimento e Concessão)	Serviços de análises de eficiência energética; Serviços de assessoria técnica em projetos de parques eólicos; Serviços de <i>Big Data Analytics</i> ; Consultoria ambiental e regulatória; Serviços de desenvolvimento de soluções - pesquisa e desenvolvimento em energia eólica <i>offshore</i> ; Fornecimento de equipamentos e serviços para campanhas de medições e assessoria técnica; Fornecimento de equipamentos para medições anemométricas e climatológicas; Serviços de estudos de viabilidade técnica e econômica; Serviços de monitoramento de ativos; Serviços de operação e supervisão remota; Projeto e instalação de sistemas de energia eólica <i>offshore</i> ; Projetos de sistemas de ancoragem; Projetos técnicos de engenharia, construção e montagem; Serviços de batimetria; Serviços topográficos; Soluções ambientais
Aquisição e Fabricação	Fornecimento de insumos elétricos, mecânicos e estruturais para abastecer os grandes fabricantes e montadoras (equipamentos como portas e escotilhas de aço e escadas e plataformas especiais para compor estrutura das torres); Fornecimento de insumos para fabricação e reposição de peças; Fornecimento de inversores e conversores de corrente; Fornecimento de anemômetros e sensores de direção do vento para compor estrutura da nacelle; Fornecimento de para-raios e luzes de sinalização para segurança dos aerogeradores; Fornecimento de placas, eixos e pinos, suporte, trilhos, balaustradas, pisos, plataformas e escadas; Fornecimento de sistemas de comunicação; Fornecimento de tintas e resinas industriais, fibras de vidro e carbono para compor estruturas das pás; Serviços de agenciamento de pessoal (transporte, alimentação, hospedagem, embarque e desembarque); Serviços de apoio à construção e montagem <i>offshore</i> ; Serviços de gestão e acompanhamento da execução de projetos; Serviços de hotelaria <i>offshore</i> ; Serviços de importação e desembaraço aduaneiro; Serviços de logística e transporte de materiais; Serviços de montagens de painéis elétricos; Serviços de tratamento de superfícies e revestimentos especiais.
Instalação e Comissionamento	Fornecimento de acessórios para instalações elétricas; Fornecimento de anemômetros e sensores de direção do vento para compor estrutura da nacelle; Oportunidades de fornecimento de equipamentos para operações de içamento de cargas; Oportunidades de fornecimento de peças metalmeccânicas, Serviços de agenciamento de pessoal (transporte, alimentação, hospedagem, embarque e desembarque); Serviços de apoio às atividades de instalação e comissionamento; Serviços de gestão de canteiros de fabricação, bases logísticas e portuárias; Serviços de gestão e acompanhamento da execução de projetos; Serviços de hotelaria <i>offshore</i> ; Serviços de instalações elétricas; Serviços de logística e transporte de materiais; Serviços de montagens de painéis elétricos; Serviços de montagens mecânicas; Serviços de procurement, diligenciamento e inspeção; Serviços de provisionamentos (catering); Serviços de suporte com barcos para operações <i>offshore</i>

Operação e Manutenção	Serviço de manutenção da conexão à rede elétrica; Serviços de agenciamento de pessoal (transporte, alimentação, hospedagem, embarque e desembarque); Serviços de alpinismo industrial; Serviços e auditoria de qualidade e segurança; Serviços de diagnóstico de falhas, Serviços de inspeção de equipamentos; Serviços de inspeção e manutenção de subestações, fundações, cabos de matriz, cabos de exportação; Serviços de inspeções remotas; Serviços de logística e transporte de materiais; Serviços de manutenção e reparação de pás e turbinas; Serviços de manutenção preventiva e corretiva de aerogeradores; Serviços de monitoramento de condições climáticas; Serviços de procurement, diligenciamento e inspeção; Serviços de provisionamentos (catering); Serviços de retrofitting de aerogeradores; Serviços de segurança e saúde ocupacional; Serviços de suporte com barcos de apoio para operações <i>offshore</i> ; Serviços de tratamento de superfícies e revestimentos especiais; Serviços de treinamento e desenvolvimento; Sistemas de gestão da integridade de equipamentos e sistemas.
Descomissionamento	Serviços de agenciamento de pessoal (transporte, alimentação, hospedagem, embarque e desembarque); Serviços de alpinismo industrial; Serviços de logística e transporte de materiais; Serviços de segurança e saúde ocupacional; Serviços de suporte com barcos de apoio para operações de descomissionamento <i>offshore</i> ; Serviços de embarcações especializadas em descomissionamento <i>offshore</i> ; Serviços de suporte às operações portuárias e logística para descomissionamento; Serviços de desmontagem e desmantelamento Serviços de movimentação de carga e apoio portuário.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice C – Associações empresariais para suporte ao setor eólico offshore

As associações representantes de setores industriais atuam como representantes na construção de políticas ou na defesa de interesses da indústria. Também atuam na disseminação de informações e oportunidades de negócios, realizando eventos de aproximação entre fornecedores e consumidores de serviços e tecnologias, nacionais e internacionais. Sendo assim, as associações empresariais podem atuar como importante ponto de apoio e suporte ao desenvolvimento das cadeias de valor e inovação da eólica offshore.

No Brasil, já existe uma instituição que congrega os interesses do setor de Energia Eólica: a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica. Todavia, há outras associações empresariais de setores que têm interface com o setor eólico offshore e que podem ter atuação relevante no desenvolvimento do setor. O Quadro 1C apresenta algumas dessas associações.

Quadro 1C: Associações empresariais que podem ter atuação relevante no setor eólico offshore

Nome	Localização	Descrição
Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEOLICA	Rio de Janeiro/RJ	A ABEEOLICA representa a indústria de energia eólica no país com o objetivo de inserir e sustentar a produção de energia eólica e promover a competitividade da indústria de energia eólica. Também realiza cursos e <i>workshops</i> , presta suporte técnico e consultoria aos agentes do setor
Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica - ABINEE	São Paulo/SP	A Abinee representa os setores elétrico e eletrônico de todo o Brasil e oferece uma série de serviços, apoiada por um quadro permanente de funcionários
Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética - ABRICEM	São Paulo	A ABRICEM congrega empresa do setor de compatibilidade eletromagnéticas para fornecer projetos de engenharia e de pesquisa, voltados para melhorar desempenho de sistemas tecnológicos e da preservação do meio ambiente.
Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia Elétrica - ABRACEEL	Brasília/DF	Atua junto à sociedade em geral, formadores de opinião, órgãos de Governo, outras organizações das áreas de energia elétrica, etanol, gás natural e agentes econômicos em geral para discutir as melhores práticas, valores e promoção da inovação, questões regulatórias

Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa – ABRAGEL	Brasília/DF	Atua na defesa dos direitos e interesses da Indústria de Geração de Energia Limpa. Tem grupos de trabalho em temas relevantes da geração de energia e sustentabilidade, leilões e programa de certificação de energia limpa.
Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos - ABIMAQ	São Paulo/SP	A ABIMAQ é a entidade representativa da indústria brasileira de máquinas e equipamentos. Atua de forma independente para promover o desenvolvimento sustentado do setor por meio de ações político-institucionais que contribuam para competitividade sistêmica e empresarial, financiamento à produção e à comercialização e fomento dos negócios nos mercados nacional e internacional
Associação Brasileira das Empresas de Transmissão de Energia Elétrica - ABRATE	Brasília/DF	ABRATE representa a indústria de transmissão de energia elétrica com o objetivo de atuar nos interesses e agregar valor para as empresas associadas, garantindo a sustentabilidade, o desenvolvimento e a atratividade do negócio de transmissão de energia elétrica.
Associação da Indústria de Cogeração de Energia- COGEN	São Paulo/SP	A COGEN congrega e representa os profissionais de Indústria de Cogeração de Energia para estimular o avanço da cogeração de energia no país
Confederação Nacional da Indústria – CNI	Brasília/DF	A Confederação Nacional da Indústria (CNI) é a representante máxima do sistema sindical patronal da indústria brasileira. Defensora dos interesses do setor, a instituição protagoniza o debate dos grandes temas nacionais, acompanha e propõe políticas públicas, medidas e ações que promovam a expansão da produção, o investimento das empresas e o crescimento sustentado do país.
Federação das Indústrias	Em todos os estados	As Federações das Indústrias estão presentes em todos estados e visam fortalecer a indústria, atuando na representação e defesa de seus interesses, na promoção da educação profissional e qualidade de vida do trabalhador e no desenvolvimento tecnológico e empresarial, propiciando a melhoria da competitividade das empresas industriais.
Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (SOBENA)	Rio de Janeiro/RJ	Congrega engenheiros e pessoas físicas ou jurídicas e instituições relacionadas com a engenharia naval brasileira. Atua na melhoria do transporte aquaviário em geral, promovendo e incentivando todas e quaisquer iniciativas visando este fim.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice D – Empresas certificadoras com possíveis interfaces com o setor eólico *offshore*

Segundo INMETRO (2021), as Certificações Compulsórias (ou obrigatórias) são regulamentadas por lei ou portaria e tem por objetivo regular a fabricação e comercialização de um produto levando em consideração questões de saúde, segurança e meio ambiente.

O INMETRO é responsável por fiscalizar as empresas no cumprimento dessas leis ou portarias. Assim, a certificação compulsória é aquela em que um regulamento determina que a empresa só pode produzir/comercializar um produto depois que ele estiver certificado. Nessa situação, uma portaria do Inmetro irá definir os requisitos obrigatórios a serem seguidos por todas as empresas que produzem, importam ou comercializam um determinado produto, bem como os prazos que a empresa terá para se adequar ao regulamento.

Ainda segundo o INMETRO (2021), as certificações voluntárias são aquelas em que a empresa define se deve ou não certificar o seu produto, ou seja, elas não são obrigatórias. Ela não possui qualquer regulamentação oficial pelo Inmetro, sendo baseada em normas técnicas, nacionais ou internacionais. É uma decisão exclusiva do fabricante do produto ou do fornecedor do serviço aderir a essa certificação.

A avaliação da conformidade voluntária agrega valor ao produto, representando uma importante vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Esse procedimento é usado por fabricantes ou importadores, como meio de informar e atrair o consumidor e, conseqüentemente, aumentar sua participação no mercado. Um exemplo de certificação voluntária é a ISO 14064 (Sistema de validação e verificação de gases de efeito estufa (GEE)).

Há algumas empresas de certificação no mundo com atuação bastante relevante no setor eólico *offshore*, tais como a DNV-GL, Bureau Veritas, SGS ICS e a LLOYD'S Register Foundation, por exemplo, mas estas organizações ainda não atuam neste setor no Brasil. No entanto, em caráter complementar, foi identificado um conjunto de empresas de certificação que tem expertise em eólica *onshore* ou que atuam em segmentos com possíveis interfaces com o setor eólico *offshore*. O Quadro 1D lista as empresas identificadas e descreve os segmentos de atuação/expertise de cada certificadora.

Quadro 1D: Empresas certificadoras com possíveis interfaces com o setor eólica offshore

Nome	Localização	Segmentos de atuação/expertise
Ability Certificadora	Rio de Janeiro – RJ	Certificação de Produtos: Fios, Cabos e Cordões Flexíveis elétricos, plugues, tomada, interruptores e adaptadores; Interruptores para instalações elétricas fixas domésticas e análogas; ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); Certificação de conteúdo local de bens e serviços para a indústria de Petróleo e gás.
ALC – América Latina Certificações	Indaiatuba/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e segurança ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H).
APCER Brasil Certificação	São Paulo/SP	ISO 14064-2 (Validação e Verificação Gases do Efeito Estufa); ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão Saúde e segurança ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 39001 (Sistema de Gestão Qualidade, Segurança, saúde no trabalho); ISO/IEC 27701 (Sistema de Gestão da privacidade da informação).
ASQCert Avaliações e Certificações	Criciúma SC	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 39001 (Sistema de Gestão Qualidade, Segurança, saúde no trabalho); PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), Serviços de Inspeção: Área da Inspeção: Materiais a granel: tubos, válvulas, conexões, flanges, etc. Componentes elétricos: motores elétricos, atuadores, conversores, transformadores, painéis, etc. Equipamentos embalados e estáticos: caldeiras, vasos, equipamentos de combate a incêndio, guindastes, trocadores de calor, pilhas e incineradores etc.; Equipamentos rotativos: turbogeradores a gás e compressores, bombas, etc.
BGA Certificadora	Santo André/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno).
BRICS Certificações	Guarulhos / SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da qualidade aplicada a todos os setores nas seguintes áreas: • IAF 17 – Metais Básicos e Produtos Manufaturados de Metal; • IAF 19 – Equipamentos Óticos e Elétricos.
BACQS Certificadora	Rio de Janeiro/ RJ	ISO 9001 Sistema de (Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 22301 (Sistema de Gestão de Continuidade dos Negócios); ISO/IEC 27001 (Sistema de Gestão da Segurança da Informação); ISO 45001 (OHSAS 18001) (Sistema de Gestão de Saúde e segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno).
BRTÜV Avaliações da Qualidade	BARUERI – SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (OHSAS 18001) (Sistema de Gestão de Saúde e segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno); ISO 37301 (Sistema de Gestão de Compliance); ISO/IEC 20000 (Sistema de Gestão de Serviços de TI); ISO/IEC 27001 (Sistema de Gestão de Segurança da Informação); ISO 39001 (Sistema de Gestão da Segurança Viária); PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H); ISO/IEC 27701:2019 Gestão da Privacidade de dados (LGPD); SASSMAQ (Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade); Energia

		Renováveis - suporte para planejadores, construtores, fabricantes e operadores em todo o ciclo de vida de produtos, sistemas e plantas de tecnologia de energia. Certificação de Produtos: Fios e cabos elétricos Plugues, tomadas, interruptores e adaptadores; Extintores de incêndio; Pó para extintores de incêndio; Indicadores de pressão para extintores de incêndio; Distribuidores e gás; Fabricação de recipientes para GLP; Regulador de baixa pressão para GLP; Serviço de inspeção de recipientes transportáveis para GLP; Serviço de requalificação de recipientes transportáveis para GLP; Certificações voluntárias de produtos; Chuveiro automático para extinção de incêndio; Recuperação de válvulas automáticas e engates para recipientes de GLP; Mangueiras de incêndio (manutenção e inspeção).
BSI Brasil	São Paulo / SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 22301 (Sistema Gestão de Continuidade dos Negócios); ISO/IEC 27001 (Sistema de Gestão de Segurança da Informação); ISO 45001 (OHSAS 18001) (Sistema de Gestão de Saúde e segurança Ocupacional); ISO/IEC 20000 - Gestão de Serviços de TI.
BVQI – Bureau Veritas	São Paulo /SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental);ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e segurança ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 14064 (Sistema de validação e verificação de gases de efeito estufa (GEE)).ISO 50001(Sistema de Gestão da Energia);Gestão Integrada ISO 9001 e ISO 14001 - Pacotes de Transição 2015; Sustentabilidade; ISO 14064 e GHG Protocolo (ISO 14064-2 (Validação e Verificação Gases do Efeito Estufa); SA8000(Sistema de Gestão de Responsabilidade Social); ISO 16001 (Sistemas de Gestão da Responsabilidade Social); PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); Certificação de Produtos: Mecânico e automotivo; Material de Instalação Elétrica; Atmosferas explosivas/outras; área restrita a auditores e pessoal administrativo; Responsible sourcing – smeta e aimprogress (permitir e promover práticas de aquisição responsável na cadeia de fornecimento); Programa de Certificação Global e Programa de Auditoria de Rede e Fornecedores.
CBG – Certificadora Brasileira de Gestão	Joinville – SC	ISO 9001 (Sistema de Gestão da qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).
CertiBrasil Ltda	Rio de Janeiro/RJ e São Paulo /SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão Saúde e segurança ocupacional); ISO 22000 (Sistema de Gestão de Segurança de Alimentos); ISO 27001 (Sistema de Gestão da segurança da informação); ISO/IEC 27701 (Sistema de Gestão de Informação Privada); AS 9100 / AS 9110 / AS 9120 - (EN 9100 na Europa - indústria aeroespacial); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno).
DNV GL	São Paulo/ SP, Rio de Janeiro/RJ e Fortaleza /CE	Eólica certificação: Certificação de projeto conceitual de turbina eólica; Operação contínua de turbinas eólicas; Avaliação de acompanhamento de desenvolvimento para turbinas eólicas; Certificação de sistema de armazenamento de energia; Acordos de garantia; Certificação de energia eólica flutuante; Proteção contra raios de turbinas eólicas. Avaliação de projeto específico do local de turbinas eólicas; Certificação de pequena turbina eólica; Certificação de ondas e marés; Certificação de projeto de parque eólico; Certificação de componente de turbina eólica; Conformidade com o código da rede; Certificação de tipo de turbina eólica ; Equipamento de proteção pessoal; Certificação de projeto conceitual de turbina eólica; Segurança de incêndio e sistemas de

		extinção de incêndio; Certificação de projeto conceitual de turbina eólica; Medições de emissão de gases de escape; Certificação ATEX e IECEx para equipamentos mecânicos (equipamentos não elétricos); TickITplus - gestão da qualidade de TI; TAPA FSR - Requisitos de Segurança da Instalação; Aprovação de oficina para soldagem marítima; Serviços de engenharia em soldagem; Garantia de qualidade para fabricantes de equipamentos para áreas perigosas (QAN e QAR); Certificação de manufatura aditiva; Aprovação do procedimento de soldagem; Medições de emissão de gases de escape; ISO / IEC 27001 (sistema de gestão de segurança da informação); ISO/IEC 27001 (Sistemas de Gestão de Segurança da Informação); ISO 31000 (Gerenciamento de riscos); ISO 22301 (Gestão de Continuidade do Negócio); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISSO 28000 (Gestão da segurança da cadeia de abastecimento); ISO 45003 (Sistema de Saúde psicológica e segurança do trabalho); Certificação de sistemas simuladores marítimos; Programas de aprovação do fabricante; Simuladores de mergulho; Motores e sistemas de propulsão, dentre outras. Garantia de qualidade para fabricantes de equipamentos para áreas perigosas (QAN e QAR); TL 9000 – (Gestão da qualidade em telecomunicações); ISO 26262 – (Segurança funcional para veículos rodoviários); ISO 45001 (Gestão da saúde e segurança ocupacional); ISO / IEC 20000-1 (Gerenciamento de serviços de TI); ISO 9001 – (Sistema de Gestão da qualidade); ISO 22000 – (Fabricação aditiva / impressão 3D); Qualificação do fornecedor durante a crise; ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); Aprovação de fornecedores de serviços; Sistemas de comunicação; Certificação do sistema de qualidade de soldagem; Certificação de tipo solar; Certificação de Veículos subaquáticos não tripulados; SA8000 - (Sistema de Gestão de Responsabilidade Social); ISO 45001 / OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional).
DQS do Brasil	São Paulo/SP	ISO 9001 - (Sistema de Gestão da qualidade); ISO/IEC 20000-1 (Sistema de Gerenciamento de Serviço de Tecnologia da Informação); ISO 27001 (Sistemas de Gestão e Segurança da Informação); ISO 22301 (Sistema de Gestão de Continuidade dos Negócios); ISO 45001 (Sistemas de Segurança e Saúde Ocupacional); ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental); ISO 50001 (Sistemas de Gestão da Energia); ISO 55001 - (Sistema de Gestão de Ativos; ISO 37001 (Gestão Anticorrupção). Certificações de Produtos: Amortecedor de suspensão; Bomba elétrica de combustível Buzinas; Pistões de liga leve de alumínio; Pinos de pistão Anéis de trava (retenção); Anéis de pistão; Bronzinas; Lâmpadas para veículos automotores; Bateria chumbo-ácido para veículos automotores.
FCAV – Fundação Carlos Alberto Vanzolini	São Paulo/-SP	ISO 14001 (Sistema de gestão ambiental); ISO 14064 (Verificação dos Gases do Efeito Estufa – Quantificação e Relato de Emissões e Remoções); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno); ISO 39001 (Sistemas de Gestão da Segurança Viária); ISO 45001 (Sistemas de Saúde e segurança ocupacional); ISO 55001 (Sistemas de Gestão de Ativos para Organização); ISO 9001 (Sistemas de Gestão da qualidade); PBQP-H/SiAC (Avaliação da Conformidade do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil).
GCS Certification	São Paulo/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão de Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 19600 - (Gestão de Compliance); ISO 22301 - (Sistema de (Gestão de Continuidade de Negócios); ISO/IEC 27001 (Gestão da Segurança da Informação); ISO 31001 - Avaliação de Conformidade e auditoria (Gestão de Risco); ISO 39001 (Gestão de Tráfego Viário); ISO 50001 - (Sistema de Gestão de Energia). ISO 31001 (Sistema de Gestão de Risco);

		PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); SASSMAQ (Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade).
ICEPEX – Instituto de Certificação para Excelência na Conformidade	São Paulo/SP	ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade); Certificação de Produtos (EPI - Altura de Trabalho, Capacetes de Segurança para uso na indústria, luvas isolantes de borracha).
ICQ Brasil – Instituto de Certificação Qualidade Brasil	Goiânia/GO	ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional); ISO 37001 (Gestão Antissuborno); ISO 19600 (Gestão Compliance); PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); Pró-Gestão RPPS O Programa de Certificação Institucional e Modernização da Gestão dos Regimes Próprios da Previdência Social da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.
ICV Brasil – Inspeção, Certificação e Vistoria	São Paulo/ SP	ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); Certificação Voluntária (decidida exclusivamente por empresas fabricantes ou importadoras que buscam por um diferencial no mercado - garantir a credibilidade de seus produtos e serviços); Certificação Compulsória (destinada aos produtos que possuem regulamento determinante à produção/comercialização exclusiva no Brasil); CERTIFICAÇÃO PBQP-H SiAC (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H - ferramenta de melhoria constante da qualidade do Sistema de Gestão para as empresas da área de construção civil); CCL – Certificação de Conteúdo Local(Conteúdo Local é destinada a contratos firmados pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis); Auditorias Internas ISO 17025 para Laboratórios (Auditorias de Primeira Parte); Avaliação de Conformidade ISO 19660 – Compliance
IFBQ – Instituto Falcão Bauer da Qualidade	São Paulo/SP	Certificação compulsória de produtos, regulamentada pelo INMETRO - (certificação voluntária para empresas fabricantes ou importadoras que desejam ter um diferencial de qualidade e demonstrar credibilidade de seus produtos e serviços); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 45001/OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional) ; PBQP-H/SiAC ((Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); SASSMAQ (Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade); Avaliação Técnica de Desempenho (Sistema organizado pelo Ministério das Cidades, o SINAT (Sistema Nacional de Avaliação Técnica); Selo Ecológico - (Certificação voluntária de produto (destinada a demonstrar o diferencial ecológico do produto determinado pelo fabricante ou solicitante da certificação).
IFI – Instituto de Fomento e Coordenação Industrial	São José dos Campos/ SP	Certificação de Produto Aeroespacial - CPA (projetos de produtos aeronáuticos, de defesa e espaciais no tocante à segurança de operação); Certificação Suplementar de Tipo ou de Modificação; Certificação de Componente; Acompanhamento das Dificuldades em Serviço dos produtos do COMAER certificados pelo IFI; Emissão de Certificados de Aeronavegabilidade e Permissões Especiais de Voo iniciais militares; Credenciamento de Pessoas Física e Jurídicas para atividades de Certificação na área militar.
Instituto Totum	São Paulo/SP	ISO 9001 (Gestão de Negócios); ISO 14064-2 Verificação de Inventários de Gases de Efeito Estufa- GEE); SGQ - (Certificação de Auditores em Sistemas da Qualidade);I-REC Standard 2016 (desenvolvimento e gestão do sistema de certificação de energia renovável voluntária no Brasil); Pró-Gestão (credenciada pela Secretaria da Previdência SPREV, para realizar auditorias seguindo os requisitos estabelecidos

		pelo programa Pró-Gestão); RenovaBio - (Certificação da Produção e da Importação Eficiente de Biocombustíveis no âmbito do RenovaBio); I-REC: O I-REC Service(sistema global de rastreamento de atributos ambientais de energia projetado para facilitar a contabilidade confiável de carbono); Certificação de Melhores Práticas de Gestão de Energia Renovável; GAS-REC (Certificação GAS-REC rastreia o biogás); NEUTRALIZAÇÃO GEE-(uso de compensações para abatimento de emissões de gases de efeito estufa (GEE)); LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados do Brasil).
ITAC – Instituto Tecnológico de Avaliação e Certificação da Conformidade	Curitiba/ PR	ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade); ISO 45001/OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional); ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental); ISO 37001 (Sistema Gestão Antissuborno); PBGP-H - (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat); Certificação de produtos (adaptadores, plugues e tomadas, fios, cabos e cordões flexíveis elétricos).
LLOYD'S REGISTER FOUNDATION	Ponta da Praia Santos / SP e Rio de Janeiro/RJ	ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade); ISO 45001 OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional); ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental); ISO 14064 (validação e verificação de gases de efeito estufa); ISO 3834 (Requisitos de qualidade para soldagem); ISO 27001 (Sistema de Gestão da Segurança e Informação); ISO 22301 (Sistema de Gestão de Continuidade dos Negócios); ISO/IEC 20000 (Sistema de Gerenciamento de Serviço de Tecnologia da Informação); ISO 14064 - (verificação de gases de efeito estufa); ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia); EU ETS (Alocação e Comercialização de Licenças de Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) em toda a União Europeia). Certificação de Produtos: Additively Manufactured Parts (EN); Components and Systems for Vessels (EN); Cranes and Lifting Equipment (EN); Marine paints, resins and associated materials (EN); Medical Devices (EN); Pressure Vessels and Boilers (EN); Shipping Containers (EN); Type Approval (EN).
MSC – Management Systems Certification	São Paulo/SP	ISO 9001 (sistema de gestão de qualidade); ISO 14001 (sistema de gestão ambiental); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); DSC 10000 (Sistema de Compliance). Certificação de produtos: Realizam auditorias e inspeções, e certificam se produtos estão em conformidade com as normas e regulamentações nacionais e internacionais ou com as normas definidas pelo cliente.
NCC Certificações do Brasil	Campinas/ SP	ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade); Certificação IECEx (“boa prática” adotada por vários fabricantes de equipamentos elétricos, eletrônicos, de automação, telecomunicações e mecânicos); Avaliação da conformidade técnica de produtos e serviços de acordo com as normas e resoluções vigentes, conforme as diretrizes estabelecidas na ABNT ISO/IEC 17065 e ABNT ISO/IEC 17021-1.
QMS Certification Services	São Paulo/SP	ISO 9001(Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 37301 (Sistema de Gestão de Compliance); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); ISO 22301 (Gestão da Continuidade de Negócios); ISO 27001 (Sistema de Gestão da Segurança e Informação); ISO 27701 (Sistema de Gestão de Informação Privada); ISO 20252 (Requisitos para as Pesquisas de Mercado, Opinião e Social); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 56002 (Sistema de Gestão da Inovação).
RBNA Sociedade Classificadora	Rio de Janeiro/RJ	Certificação e classificação de embarcações em construção e de navios existentes, empregados na navegação em mar aberto e na navegação interior; classificação de insumos; certificação industrial; homologação de empresas, de procedimentos e de produtos (type approval); qualificação

		de soldadores; auditoria ISM e ISPS Code; vistorias de condição; e inspeções de avaliação.
RINA Brasil	São Paulo/SP	Best 4 (certificações ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000); ISO 9001 (Sistema de Gestão de Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO/IEC 27001 - Sistemas de Gestão de Segurança da Informação); ISO/IEC 20000 (Sistema de Gestão de Qualidade de Serviços de TI); ISO 22301 (Sistema de Gestão de Continuidade de Negócios); ISO 28000 (Sistemas de Gestão de Segurança da Cadeia de Suprimentos); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno); ISO 31000 (Sistema de Processo de Gestão de Riscos); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (OHS)); ISO 41001 (Sistemas de Gerenciamento de Instalações). SA8000 (Certificação do Sistema de Gestão de Responsabilidade Social); ISO 14064-2 (Gases do Efeito Estufa); ISO 14065 (Sistema de Segurança da Informação); Voluntary Emission Reduction - Validação e verificação de VCS (Verified Carbon Standard), GS (Gold Standard), ACR (American Carbon Registry) and SCS (Social Carbon Standard).
SAS Certificadora	Belo Horizonte/MG	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 / OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno); PBQP-H H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); ISO 16001 (Sistemas de Gestão da Responsabilidade Social); ISO 20.000-1 (Sistema de Gestão de Serviços de TI); ISO/IEC 27001 (Sistemas de Gestão da Segurança da Informação); ISO 22301 (Sistemas de Gestão da Continuidade de Negócios); ISO 39001 (Sistemas de Gestão da Segurança Viária).
SGS ICS Brasil	São Paulo/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 / OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia); ISO/IEC 27001 (Sistemas de Gestão de Segurança da Informação); ISO 22301 (Sistema de Gestão de Continuidade do Negócio); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno).
SMC Certificadora	Santo André/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO 45001 / OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia); ISO/IEC 27001 (Sistemas de Gestão de Segurança da Informação); ISO 37001 (Sistema de Gestão Antissuborno). SGI (Sistema de Integrado de Gestão - atesta o compromisso da organização em direção a uma gestão mais atenta quanto à redução de custos).
TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná	Curitiba/PR	ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - setor da construção civil); Certificação LIFE (Avaliação dos impactos à biodiversidade); ISO 45001 / OHSAS 18001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional); SASSMAQ (Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade); ISO 39001 (Sistema de Gestão da Segurança Viária); Certificação Compulsória: Fios, cabos e cordões flexíveis elétricos; Plugues e tomadas; Interruptores; Aparelhos Eletrodomésticos e Similares; telecomunicações; Sistemas orgânicos de produção/processamento; Unidades Armazenadoras em Ambiente Natural). Certificação voluntária: Sacos de Papel.
TÜV Rheiland Brasil	São Paulo/SP	ISO 9001 (Sistema de Gestão de Qualidade); ISO/IEC 27001 (Sistemas de Gestão de Segurança da informação); ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental); ISO/IEC 20000 (Sistema de Gerenciamento de Serviço de Tecnologia da Informação); ISO 22301 (Sistema de Gestão de

		<p>Continuidade dos Negócios); ISO/IEC 27018 (Proteção de Dados Pessoais); ISO 27701 (Sistema de Gerenciamento de Informações de Privacidade); ISO 28000 (Sistemas de Gestão de Segurança da Cadeia de Suprimentos); ISO 37001 (Sistemas de Gestão Antissuborno); ISO 45001 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional); ISO 55001 (Sistema de Gerenciamento de Ativos); ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia) ; ISO 41001 (Sistemas de Gerenciamento de Instalações); ONR 49001 E ISO 31000 (Sistema de Gestão de Riscos Corporativos) ; SA 8000 (Sistema de Gestão de Responsabilidade Social).</p>
--	--	--

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice E – Empresas internacionais mapeadas na fase de Projeto

Quadro 1E: Principais atividades da fase de Projeto (Desenvolvimento e Concessão)

Atividade	Empresas proprietárias e fornecedoras de serviços	Países de atuação	Filiais no Brasil	Certificações
Desenvolvimento do projeto	All NRG, Azimuth Marine B.V, E.ON, EDF, EDP, Equinor, Global Infrastructure Partners, Iberdrola, Shell, Macquarie Capital, Northland Power, Ocean Breeze, Ørsted, PKA, Red Rock Power, SSE, Stadtwerke München, Vattenfall, Sowitec	Reino Unido, Alemanha, Portugal, Noruega, Dinamarca, EUA, Espanha, Austrália, Taiwan, Canadá e Suécia.	EDF (RJ, PE), EDP (SP), Equinor (RJ, PE), Iberdrola (BA, PB, RN, SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 55001, ISO 20121, ISO 50001, OHSAS 18001.
Estudos ambientais	ABPmer, AECOM, Andrew McCarthy Associates, APEM, Arcus, Bay Marine, BCM Environs, Cork Ecology, ECON, EMU, Enviro-serve, ERM, ESS Ecology, Fugro, Gardline Marine Services, Hayes Mackenzie, HiDef Aerial Surveying, Hoare Lea, LUC, Natural Power, Ocean Marine Services, Precision Marine, Ramboll, Royal Haskoning, RPS, RSK Environment, SLR, e Thomson Ecology.	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos e Países Baixos.	AECOM (RJ, SP), Fugro (RJ, MG, PR, SP), Guardline Marine Services (RJ), Ramboll (SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 17025, OHSAS 18001, NMBAQC.
Avaliação de recursos meteoceanográficos	Axys, Babcock, Bladt Industries, Carl C, Datawell, Deutsche Wind Technik, DNV-GL, Dulas, EOLFI, EOLOS, FLI Structures, Francis & Lewis, Fraunhofer, FT Technologies, Fugro, Gardline Marine Services, Gill Instruments, HR Wallingford, K2, Kipp & Zonen, Leosphere, MT Højgaard, Natural Power, NRG Systems, Oldbaum Services, Orga, Partrac, PowerPoint Technical Services, Sembmarine, SonTek, "StormGeo", The Met Office, Thies, Vaisala, Vector Instruments, Vortex, Wood e ZX Lidars, Rovco, Partac.	Canadá, Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Países Baixos, França, Espanha, Emirados Árabes Unidos, Cingapura, Noruega e Finlândia.	Datawell (SP), K2 (SP), SonTek (SP), DNV-GL (SP, RS, CE).	ISO 9001, ISO14001, ISO 45001, EN 1090-1:2009+A:2011, EN 1090-2:2018, PAS 99:2012.
Estudos geológicos e hidrográficos	ABPmer, Bibby HydroMap, Fugro, G-tec, Gardline	Reino Unido, Países Baixos,	ABPmer (BA), Fugro (RJ, MG, PR, SP),	ISO 9001, ISO 14001,

	Marine Services, Horizon, HR Wallingford e MMT.	Alemanha, Dinamarca, Bélgica, EUA, Suécia.	Guardline Marine Services (RJ).	ISO 45001, ISO 29001, ISO 26000.
Engenharia e consultoria	Arup, Atkins, DNV-GL, Dulas, EOLFI, EOLOS, Francis & Lewis, Fraunhofer, FT Technologies, Gill Instruments, Mott McDonald, ODE, Ramboll, Wood, Kinewell, OWLC, Copenhagen <i>Offshore</i> Partners (COP), Enterprize Energy, Mainstream Renewable Power e WPD.	Alemanha, Dinamarca, Reino Unido, Países Baixos, França, Espanha, Singapura e Taiwan.	Empresas proprietárias de usina e demais empresas como DNV-GL (SP, RJ, RS, CE) e Ramboll (SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice F – Empresas internacionais mapeadas na fase de Produção e Aquisição

Quadro 1F: Exemplos de serviços/produtos e empresas da fase Produção e Aquisição

Componente	Empresas fabricantes de componentes	Países de atuação	Filiais no Brasil	Certificações
Turbina completa	Vestas, Siemens Gamesa, GE, Sinovel, Ming Yang, Hitachi, Goldwind, Envision, Doosan Babcock, Floatwind	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Japão, China, França	Vestas (CE, RN), Siemens Gamesa (SP, BA), GE (BA), Hitachi, Doosan Babcock (SP)	ISO 9001, ISO 26000, ISO 14001, OHSAS 18001
Turbina (torre)	CS Wind, Gestamp Renewable Industries, GSG Towers, Haizea Wind Group, Titan Wind Energy, Welcon	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, China, Espanha, Polônia, Índia, Coréia do Sul	Gestamp Renewable Industries (SP)	ISO 9001, ISO 45001, OHSAS 18001
Turbina (nacele)	ABB, Bosch Rexroth, Eickhoff, Elin, GE, Ingeteam, Leroy Somer, Liebherr, Moventas, Renk, Schaeffler, SKF, Thyssenkrupp, WEM, Winergy	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos, Suíça	ABB (SP, MG), Bosch Rexroth (SC, RJ, SP), GE (BA, MG, RJ, SP), a Ingeteam, SKR, Schaeffler (SP), Liebherr (SP), e Leroy Somer (SP), Renk (SP, SC), Thyssenkrupp (RJ, MG, PR, SP, PA)	ISO 9001, ISSO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001
Turbina (rotor e pás)	Eisengiesserei Torgelow, Fonderia Vigevanese, IMO, Liebherr, LM Wind Power, Metso, MeuselWitz, Rollix, Rolls Royce, Rothe Erde, Sakana, Siempelkamp, SKF, Vestas, ACT Blade, Anakata Wind Power	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Suécia, França, Países Baixos, Itália	Liebherr (SP), Rothe Erde (SP), SKF (SP), LM (BA, SP, PE, SC, RS), Metso (PE, RO, RS, CE, PB, BA), Vestas (CE, SP, RN), Siempelkamp (PR).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001
Fundação	Ambau, Ballast Nedam, BAM Nuttall, BiFab, Blatt, COWI, EEW SPC, Haizea Wind Group, Harland and Wolff, Jan de Nul, Lamprell, LICengineering, Navantia Windar, OWEC Tower, Ramboll, Sif, Smulders, SNC-Lavalin Atkins, Steewind Nordenham, Vici Ventus, OWLC, Axis Energy Projects	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Noruega, Países Baixos, Bélgica	LICengineering (SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 3834, ISO 50001, OHSAS 18001.

Peça de transição	Bladt, EEW OSB, Smulders, Wilton	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Países Baixos	-	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 3834, OHSAS 18001.
Cabos	J-Power, LS Cable, Nexans, NKT Prysmian, JDR Cables, Enertechnos	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Japão, Coreia do Sul, Itália, Polônia	Nexans (SP, RJ), JDR (RJ), Prysmian (ES, MG, SP, SC, PR)	ISO 9001, ISO 14001, IATF 16949, OHSAS 18001
Subestação offshore	ABB, Arup, Atkins, Babcock, Bladt, CG Power, Chantiers de l'Atlantique, GE, Harland and Wolff, Heerema, Hollandia, Iberdrola, ISC, Navantia, Ramboll, Schneider, Sembmarine, Siemens, SLP Sembmarine, Smulders	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Suíça, Índia, Países Baixos, Estados Unidos, Espanha, Singapura	ABB (SP, MG), Babcock, Ramboll (SP), GE (BA, SP, MG, RJ), Iberdrola (BA, PA, RN, SP), Schneider (SC, SP, PR, CE)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 37001, OHSAS 18001.
Subestação onshore	ABB, Arup, Atkins, Babcock, Bladt, CG Power, Chantiers de l'Atlantique, GE, Harland and Wolff, Heerema, Hollandia, Iberdrola, ISC, Navantia, Ramboll, Schneider, Sembmarine, Siemens, SLP Sembmarine, Smulders	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Suíça, Índia, Países Baixos, Estados Unidos, Espanha, Singapura	ABB (SP, MG), Babcock, Ramboll (SP), GE (BA, SP, MG, RJ), Iberdrola (BA, PA, RN, SP), Schneider (SC, SP, PR, CE)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 37001, OHSAS 18001.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice G – Empresas internacionais mapeadas na fase de Instalação e Comissionamento

Quadro 1G: Exemplos de serviços/produtos e empresas da fase de Instalação e Comissionamento

Atividades	Empresas fornecedoras de serviços	Países de atuação	Filiais no Brasil	Certificações
Serviço total de engenharia, aquisição, construção e instalação (EPCI)	Boskalis; DEME Group (A2Sea, GeoSea and Tideway); Jan de Nul; MPI <i>Offshore</i> ; Subsea 7 (Seaway Heavy Lifting, Seaway <i>Offshore</i> Cables); Van Oord <i>Offshore</i> Wind	Países Baixos, Bélgica Reino Unido, Alemanha	Boskalis, Subsea 7 e a Van Oord (RJ)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISM Code.
Instalação da fundação	Boskalis; DEME Group (A2Sea, GeoSea and Tideway); Fred. Olsen WindCarrier; Jan de Nul; Saipem; Scaldis Salvage & Marine; SeaJacks; Subsea 7 (Seaway Heavy Lifting); Swire Blue Ocean (Cadeler); Van Oord <i>Offshore</i> Wind, Axis Energy Projects, Osbit, Red Engineering, Royal IHC; Fugro	Países Baixos; Bélgica; Dinamarca; Reino Unido; Alemanha; Itália	Fugro (RJPR, MG, SP), Boskalis (RJ), Subsea 7 (RJ), Van Oord (RJ), Saipem (RJ, ES, SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISSO 37001, ISO 45001, ISO 50001, ISM Code.
Instalação da subestação <i>offshore</i>	Boskalis; Saipem; Scaldis Salvage & Marine; Subsea 7 (Seaway Heavy Lifting)	Países Baixos, Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Itália, Bélgica	Boskalis (RJ), Subsea 7 (RJ), Saipem (RJ, ES, SP).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 37001, ISO 45001, ISM Code.
Construção da subestação <i>onshore</i>	Balfour Beatty; J Murphy; Jones Bros	Reino Unido	-	ISO 45001, ISSO 50001.
Instalação do cabo de exportação <i>onshore</i>	Balfour Beatty; J Murphy	Reino Unido	-	ISO 14064, OHSAS 18001.
Instalação de cabos <i>offshore</i>	Boskalis; DeepOcean; Global Marine; Jan de Nul; Prysmian; Subsea 7 (Seaway Heavy Lifting); DEME Group (Tideway); Van Oord <i>Offshore</i> Wind; Tekmar, EDS/James Fisher; C-Wind; SMD; Osbit; Enshore; Royal IHC	Países Baixos, Reino Unido, Bélgica, Alemanha, Dinamarca, Itália	Boskalis (RJ), Subsea 7 (RJ), Van Oord (RJ), Prysmian (ES, MG, SP, SC, PR).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISM.

Instalação da turbina	A2Sea/GeoSea (DEME Group); Fred. Olsen WindCarrier; Jan de Nul; MPI <i>Offshore</i> ; Seajacks; Swire Blue Ocean (Cadeler); Van Oord <i>Offshore</i> Wind; Sense Wind; Red Engineering	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Bélgica, Países Baixos	Van Oord (RJ),	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISM.
Porto base de instalação	Able Seaton; Barrow; Belfast; Cuxhaven; Eemshaven; Esbjerg; Great Yarmouth; Harwich; Hull; Ijmuiden; Mostyn; Ostende; Vlissingen	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Países Baixos, Bélgica	O serviço do Porto base de instalação, em especial, apresenta restrições no Brasil visto que, devido ao aumento das dimensões da turbina, os portos internacionais mapeados passaram por reformas significativas.	-
Serviço logístico <i>offshore</i> (Coordenação da instalação e comissionamento)	DNV-GL; K2; LOC Renewables; Natural Power (Fred. Olsen); ODE; RINA; SeaRoc (Fred. Olsen)	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Países Baixos, Itália	DNV-GL (SP, RJ, RS, CE), K2 (SP), LOC Renewables (RJ), Rina (SP, RJ, MG).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice H – Empresas internacionais mapeadas na fase de Operação e Manutenção

Quadro 1H: Exemplos de serviços/produtos e empresas da fase Operação e Manutenção

Atividades	Empresas fornecedoras de serviços	Regiões de atuação	Filiais no Brasil	Certificações
Treinamento de MO para operação	AIS; ARCH; B&FC; CWind; Falck Safety Services (adquirida pela Polaris formando a Rely on Nutec); Global Wind Organisation (GWO); Heightec; Maersk Training; MRS Training and Rescue; <i>Offshore</i> Marine Academy; Vinci-VR; VRAI; Utiligensia	Reino Unido e Dinamarca	Falck Safety Services (RJ), Maersk Training (RJ).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001.
Logística <i>offshore</i>	Acta Marine; Acta Marine Wind Services (Acta Marine adquiriu a <i>Offshore</i> Wind Services B.V.); Alicat; Astilleros Gondan Cemre; Bernard Schulte; Bibby Marine; Damen; Esvagt; Fjellstrand; Fred. Olsen WindCarrier; Manor Renewables; MPI Workboats; North Sea Logistics; Northern <i>Offshore</i> Services; Østensjø Rederi; Royal IHC; South Boats; Ulstein; Vroon; Windcat Workboats; C-Wind	Reino Unido, Países Baixos, Espanha, Polônia, Dinamarca, Alemanha, Suécia	-	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001.
Inspeções de saúde e segurança	Bureau Veritas, DNV-GL, SGS and TÜV SÜD, Sennen technology	França, Países Baixos, Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Suíça	Bureau Veritas (SP), DNV-GL (SP, RJ, RS, CE), SGS (SP, PE, RJ, AL, ES, SC, MG, PA, CE, MA, BA, AM, RS, MT, PR, GO), TÜV SÜD (SP).	ISO 9001, ISO 14001.
Manutenção da turbina	3Sun (Adquirida pela Worley); ABJ; Bladefence; Cornis; Cyberhawk; Deutsche Windtechnik; DNV-GL; FORCE Technology; Fred. Olsen WindCarrier; GEV; Global Wind Service; James Fischer Marine Services; Mistras; Natural Power; Seajacks; SkySpecs; TSR Wind; Ziton; Transmission Dynamics; GEV Wind Power; Boston Energy; Mainstream Renewable	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Finlândia, Suíça, França, Países Baixos, EUA, Espanha	DNV-GL (SP, RJ, RS, CE), Mistras (SP, RJ), 3Sun (SP, RJ), ABJ (SP, MG).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025, ISO 27001, ISO 45001, ISM Code.

	Power; WPD; Force 55; Bladebug; Royal IHC; ULC Robotics; ECA Group			
Manutenção do balanço da planta (Todos os ativos exceto a turbina)	ABB; Alstom; Boskalis; Briggs Marine; CWind; Deutsche Windtechnik; Fugro; GE; Global Wind Service; Mistras; Offtech Wind; Petrofac; Pharos <i>Offshore</i> ; Power Cable Services; Schneider; Siemens; Strainstall; UnaSys; EDS/James Fisher; Synaptec; Royal IHC; ULC Robotics; ECA Group	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Suíça, França, Países Baixos, EUA	ABB (SP, MG), Alstom (SP), Boskalis (RJ), Fugro (SP, PA, MG, RJ), GE (BA, MG, SP, RJ), Schneider (SC, SP, PA, CE), Strainstall (RJ).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISM codes, OHSAS 18001.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice I – Empresas internacionais mapeadas na fase de Descomissionamento

Quadro 11: Exemplos de serviços/produtos e empresas da fase Descomissionamento

Atividades	Empresas fornecedoras de serviços	Países de atuação	Filiais no Brasil	Certificações
Descomissionamento da turbina	A2SEA, Seajacks, Van Oord	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Bélgica, Países Baixos	Van Oord (RJ)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001
Descomissionamento da fundação	Boskalis, GeoSea, Jan de Nul	Bélgica, Países Baixos	Boskalis (RJ)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISM, ISPS, SCC, VCA, ISM, ISPS.
Descomissionamento do cabo	Boskalis, Global Marine, Subsea 7	Reino Unido, Países Baixos	Boskalis (RJ), Subsea 7 (RJ)	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, OHSAS 18001.
Descomissionamento da subestação	Boskalis, Saipem, Subsea 7	Reino Unido, Países Baixos, Alemanha e Itália	Boskalis (RJ), Subsea 7 (RJ), Saipem (SP, RJ).	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45003, ISO 45008, ISM.
Porto de descomissionamento	Eemshaven, Belfast, Esbjerg, Hull, Great Yarmouth, Vlissingen	Reino Unido, Alemanha, Dinamarca e Países Baixos	-	-
Serviço de reuso, reciclagem ou disposição final	DUC Marine Group, Scaldis Salvage & Marine	Dinamarca, Países Baixos e Bélgica	-	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, FPAL, IMCA.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice J – Cadeia de Inovação da eólica *offshore*

Quadro 1J: Políticas para o desenvolvimento da cadeia de inovação por fase da cadeia

Fase	Políticas e iniciativas para PD&I
Pesquisa Básica	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento de pesquisa básica para formação de pesquisadores (FOXON et al., 2007; GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008; IRENA, 2021). • Incentivos a publicações científicas e colaboração entre pesquisadores (IRENA, 2021). • Incentivo a organização de eventos científicos (IRENA, 2021). • Programas para o fortalecimento de bases de pesquisas (IRENA, 2021). • Créditos fiscais e exoneração de taxas de importação para equipamentos e insumos necessários para atividades de PD&I (FOXON et al., 2007).
Pesquisa Aplicada	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento de pesquisa aplicada para formação de pesquisadores e engenheiros (FOXON et al., 2007; GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008; IRENA, 2021). • Estruturas regulatórias de recompensa à inovação, como um sistema de patentes (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008). • Subsídios de capital para empresas com tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008). • Programas de incentivo em pesquisa com integração do setor privado e universidades/centros de pesquisa (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008). • Programas para o fortalecimento de bases de pesquisas (IRENA, 2021); • Créditos fiscais e exoneração de taxas de importação para equipamentos e insumos necessários para atividades de PD&I (FOXON et al., 2007).
Demonstração	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento para projetos de demonstração de tecnologia emergente e plantas piloto (FOXON et al., 2007; GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008). • Incentivo ao surgimento de <i>spin-offs</i> e ou <i>startups</i> de base tecnológica (IRENA, 2021); • Créditos fiscais e exoneração de taxas de importação para equipamentos e insumos necessários para projetos de demonstração e plantas piloto (FOXON et al., 2007).
Formação de mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos às instituições aceleradoras de tecnologia e incubadoras (GRUBB; HAJ-HASAN; NEWBERY, 2008).
Difusão	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de normas internacionais nos temas da energia eólica <i>offshore</i> (IRENA, 2021).

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Quadro 2J: Centros de pesquisa e parques tecnológicos internacionais

Organização	País	Descrição	Fase da inovação				
			1	2	3	4	5
<i>Offshore Renewable Energy (ORE) Catapult</i>	UK	Principal centro de inovação do UK para energias renováveis <i>offshore</i> . Atua em pesquisa, inovação, teste, validação e desenvolvimento da cadeia de suprimentos. É composto por vários centros de excelência, cada qual com seu foco e área de estudo: <i>Offshore Wind Innovation Hub (OWIH)</i> ; <i>Disruptive Innovation Technology Centre</i> ; <i>TUS-ORE Catapult Research Centre</i> ; <i>Floating Wind Centre of Excellence</i> ; <i>O&M Centre of Excellence</i> ; <i>Marine Energy Engineering Centre of Excellence (MEECE)</i> .	x	x	x	x	x

Organização	País	Descrição	Fase da inovação				
			1	2	3	4	5
NorthWind Research Centre for Environment Friendly Energy (FME)	NO	Áreas de pesquisa: estruturas e integridade dos ativos; operações marítimas e logística; infraestrutura elétrica e integração de sistema; <i>digital twin</i> e gerenciamento de ativos; desenvolvimento sustentável do setor eólico.		x	x	x	x
Technical University of Denmark (Energia Eólica)	DK	Considerado o maior centro de pesquisa público global em energia eólica. Os temas de pesquisa se concentram em três grandes grupos: materiais e componentes; projeto e desenvolvimento da turbina eólica; e sistemas de energia eólica.	x	x	x	x	x
SINTEF	NO	Parceiro de P&D para os setores público e privado, para clientes de grande e pequeno porte. Realiza estudos analíticos, integração da rede, operações marítimas de instalação e manutenção, análise da integridade estrutural de cabos, entre outros.		x	x	x	x
Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems	DE	Organização reconhecida em pesquisa aplicada. Suas atividades de pesquisa são conduzidas por 75 institutos e instituições de pesquisa por toda a Alemanha. Com projetos de medições, plataformas flutuantes, produção e teste de pás, controle e automatização da manutenção, hidrogênio verde, materiais híbridos, entre outros.	x	x	x	x	x
Sheffield Siemens-Gamesa Renewable Energy (S ² GRE) Research Centre	UK	Líder global em projeto, controle, desenvolvimento, teste e validação de tecnologia de novos aerogeradores, com o intuito de reduzir o desgaste, aumentar a potência de saída, minimizar o tamanho geral do gerador sem custo adicional e aumentar a eficiência. Parceria com Siemens.		x	x	x	x
Centro de Teste Høvsøre e Centro de Teste Østerild (DTU Wind Energy)	DK	Subsidiários da DTU, os centros de testes de turbinas têm como objetivo desenvolver conhecimento e inovação pela experiência do teste de novos modelos de turbinas. A sua infraestrutura, distribuída em três locais, engloba 12 estações de testes.	x	x	x	x	x
New Partnership in Offshore Wind	UK	Fazem parte desse programa os centros de pesquisa e empresas fabricantes. Os projetos envolvem a pesquisa nos primeiros níveis de inovação tecnológica que sustentam a tecnologia para a fabricação de aerogeradores, o trem de força, as fundações, o projeto das pás e as metodologias de inspeção. A visão do programa é criar a próxima geração de tecnologia inteligente para a eólica <i>offshore</i> .	x	x			
ForWind	DE	Envolvido com diversos projetos: <i>HyTowering</i> , <i>Sky Power 100</i> , <i>WinConFat</i> , <i>HyConCast</i> , <i>GIGAWIND</i> , Pás Inteligentes, <i>InnWind.EU</i> , <i>MaRINET</i> , entre outros.	x	x	x		
Aura Innovation Centre (AIC)	UK	Liderados pela Universidade de Hull, pesquisa soluções inovadoras para os desafios técnicos e operacionais, econômicos e sociais	x	x	x	x	x
The Scottish Association of Marine Sciences (SAMS)	UK	O instituto realiza pesquisas avançadas sobre o ambiente marinho, mudanças climáticas, energia renovável e processos marinhos.	x	x			
Geotechnical and Environmental Research Group (University of Cambridge)	UK	Principais áreas de pesquisa: Energia, Transporte e Infraestrutura Urbana; Fabricação, <i>Design</i> e Materiais; Bioengenharia; Sistemas Complexos, Resilientes e Inteligentes.	x	x			

Organização	País	Descrição	Fase da inovação				
			1	2	3	4	5
Supergen Wind Hub ORE	UK	O programa se concentra em várias áreas-chave de pesquisa: bioenergia; sistemas de energia e armazenamento; células de combustível; hidrogênio e outros vetores energéticos; ondas e marés; tecnologia solar; e energia eólica <i>offshore</i> .	x	x	x	x	x
UKRI Research and Innovation/ Engineering and Physical Sciences Research Council	UK	Principais temas de pesquisa: Inteligência artificial e robótica; Economia Digital; Energia (Inclui bioenergia, eólica, solar e marinha); Engenharia; Fabricando o futuro e; Tecnologias com princípios de mecânica quântica.	x	x	x		
Centre of Excellence for <i>Offshore</i> Wind and Renewable Energy	DK e IN	Principais áreas: Planejamento Espacial e Processo de Licenciamento; Estrutura financeira e leilão; Infraestrutura da Rede e Cadeia de suprimentos; Padronização, normas técnicas e testes.	x	x	x	x	
NREL	US	Principais áreas: materiais avançados; Análise econômica e análise de dados; Ciência ambiental; Inovação Tecnológica; Desenvolvimento da força de trabalho; Tecnologias de energia eólica.	x	x	x	x	x
BIBA Institute	DE	Dois grandes áreas: Sistemas Inteligentes de Produção e Logística e Aplicação de Tecnologias inovadoras de Informação e Comunicação (TIC) para produção.				x	x
Deutsche WindGuard	DE	Principais Áreas: Certificação; Consultoria; Medição de desempenho; Treinamento de segurança <i>offshore</i> ; Avaliação de <i>sites</i> e localização; Inspeções técnicas; Centro de túnel de vento; <i>Software</i> de Gerenciamento de parques.	x	x	x	x	x
Institute of Shipping Economics and Logistics	DE	Instituto que colabora com projetos no setor eólico <i>offshore</i> , com foco na proteção e segurança no transporte marítimo.	x	x			
Energy Cluster Denmark	DK	Rede oficial de empresas para inovação da Dinamarca com foco na produção de energia eólica <i>onshore</i> e <i>offshore</i> , trabalhando com diferentes temas.	x	x	x	x	x
TNO Wind Energy	NL	Terceiro maior grupo de pesquisa do mundo trabalhando em parques eólicos <i>offshore</i> .		x	x	x	
National Oceanography Centre (NOC)	UK	Na parte de Inovação contempla as áreas: Captura e armazenamento de carbono; Energia Renovável Marinha; Óleo e gás; Portos. Na área de Energia Renovável Marinha, pesquisa-se acerca de avaliações de impacto ambiental e de recursos energéticos.		x	x	x	

Legenda: 1 – Pesquisa Básica; 2 – Pesquisa Aplicada; 3 – Demonstração; 4 – Formação de mercado; e 5 – Difusão comercial.

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice K – Universidades e Centros de Formação em eólica offshore

Quadro 1K: Universidades e centros internacionais em eólica offshore

Universidade	País	Técnico	Graduação	Mestrado	Doutorado
NTNU - Norwegian University of Science and Technology	Noruega			x	x
DTU - Technical University of Denmark	Dinamarca		x	x	x
Fraunhofer Academy	Alemanha			x	
Leibniz Universität Hannover (Institute for Wind Energy Systems)	Alemanha		x	x	
University of Hull	Reino Unido			x	x
TU Delf Technical University	Holanda		x	x	
University of Applied Sciences of Bremerhaven (Hochschule Bremerhaven)	Alemanha			x	x
University of Strathclyde	Reino Unido			x	
University of Aberdeen	Reino Unido		x	x	x
Durham University (Durham Energy Institute)	Reino Unido		x	x	x
University of Oxford	Reino Unido		x	x	x
University of Bristol (Cabot Institute of the Environment)	Reino Unido		x	x	x
University of Manchester	Reino Unido		x	x	x
University of Kent	Reino Unido		x	x	x
University of Portsmouth	Reino Unido		x	x	x
Newcastle University	Reino Unido		x	x	x
University of Cambridge	Reino Unido		x	x	
Cranfield University	Reino Unido		x	x	x
Teeside University	Reino Unido		x	x	
University of Surrey	Reino Unido		x	x	x
University of Southampton	Reino Unido		x	x	x
Carl von Ossietzky University of Oldenburg	Alemanha		x	x	
Aalborg University	Dinamarca			x	
University of Delaware	EUA		x	x	x
National Oceanography Centre	Reino Unido		x	x	x
Tianjin University	China		x	x	x

Louisiana State University	EUA		x	x	x
Aarhus University	Dinamarca		x	x	x
University of Edinburgh	Reino Unido				x
<i>Offshore</i> Wind Skills Centre (East Coast College)	Reino Unido	x			

Fonte: Elaborado para o BEP (2022).

Apêndice L – Principais instituições de ensino do Brasil para formação, qualificação e requalificação profissional

- Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE;
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (Eólica);
- Instituto de Energia da PUC-RJ - IEPUC (Energia);
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP - IPT SP (Energia);
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS;
- Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA;
- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RJ;
- Rede Brasileira de Pesquisa em Energia Eólica (RBPEE);
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC;
- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI;
- Universidade de São Paulo – USP;
- Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ;
- Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP;
- Universidade Estadual do Rio Grande do Norte - UERN
- Universidade Federal da Bahia - UFBA;
- Universidade Federal da Paraíba - UFPB;
- Universidade Federal de Alagoas - UFAL;
- Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG;
- Universidade Federal de Pernambuco - UFPE;
- Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC;
- Universidade Federal de Sergipe - UFSE;
- Universidade Federal do Ceará - UFCE;
- Universidade Federal do Espírito Santo - UFES;
- Universidade Federal do Paraná - UFPR;
- Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ;
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN;
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS;
- Universidade Federal do Semi-Árido do Rio Grande do Norte – UFRSA.