



Tipo de artigo: Artigo original

Identificação e análise qualitativa de riscos na implementação de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil

Fillipe Belgone^a <https://orcid.org/0009-0002-6586-614X>, Geraldo de Souza Ferreira^a <https://orcid.org/0000-0002-0064-5197>

^a Universidade Federal Fluminense - UFF, PMI – Programa de Pós-graduação em Montagem Industrial, Escola de Engenharia, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: A demanda crescente por energia elétrica, alinhada com a necessidade de uma matriz energética com emissões de carbono cada vez menores, desperta o interesse do empreendedor e da sociedade em geral. O Brasil possui grande potencial eólico *offshore* e pode se beneficiar com o desenvolvimento de uma indústria que aproveite este potencial. Entretanto, a implementação de projetos dessa natureza em mercados em desenvolvimento como o Brasil possui riscos. A proposta deste trabalho se insere neste contexto de contribuir para o mapeamento dos principais riscos associados à implantação da indústria de energia eólica *offshore* no país, sob a ótica do empreendedor. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é identificar e realizar uma análise qualitativa dos principais riscos envolvidos na implantação de projetos de energia eólica *offshore*, apontando os desafios e potenciais soluções para destravar essa nova indústria no país. A pesquisa foi estruturada com base nos seguintes procedimentos técnicos e metodológicos: estudos de documentos e identificação do estado da arte da implantação da indústria no país, levantamento e revisão bibliográfica para identificação prévia de riscos na literatura, entrevistas com especialistas, levantamento de dados e informações por meio de questionários, análise de resultados e conclusão. A pesquisa permitiu identificar e analisar qualitativamente, sob a ótica de especialistas entrevistados, o impacto dos principais riscos políticos, econômicos, técnicos, de mercado e sociais sob o desenvolvimento da indústria no país. Ao longo da pesquisa também foi possível identificar e mapear os principais riscos e ameaças para a implantação da indústria eólica *offshore* nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Palavras-chave: risco, análise de risco, energia eólica *offshore*, projetos de energia eólica *offshore*.

Abstract: The increasing demand for electric power, aligned with the need for an energy matrix with ever-lower carbon emissions, sparks the interest of entrepreneurs and society at large. Brazil has significant offshore wind potential and can benefit from developing an industry that leverages this potential. However, implementing projects of this nature in developing markets such as Brazil carries risks. The proposal of this work is set in this context to contribute to mapping the main risks associated with deploying the offshore wind energy industry in the country from the entrepreneur's perspective. Thus, the aim of this research is to identify and conduct a qualitative analysis of the main risks involved in the implementation of offshore wind energy projects, highlighting the challenges and

potential solutions to unlock this new industry in the country. For a better understanding of the problem addressed, the research was structured based on the following technical and methodological procedures: studies of documents and identification of the state of the art of the industry's deployment in the country, literature survey, and review to preliminarily identify risks in the literature, interviews with experts, data collection, and information gathering through questionnaires, analysis of results, and conclusion. The research allowed the qualitative identification and analysis, from the perspective of interviewed experts, of the impact of the main political, economic, technical, market, and social risks on the development of the industry in the country. Throughout the research, it was also possible to identify and map out the main risks and threats to deploying the offshore wind industry in Brazil's Northeast, Southeast, and South regions.

Keywords: risk, risk analysis, offshore wind energy, offshore wind energy projects.

Como citar: BELGONE, F, ..., FERREIRA, G. S. **Identificação e análise qualitativa de riscos na implementação de projetos de energia eólica offshore no Brasil.** *Engevista*, vol. 22, n.1, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, 2024.

Autor para contato: Fillipe Belgone. E-mail: fillipebelgone@id.uff.br

Financiamento: Nenhum.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a energia eólica *offshore* tem se apresentado como opção viável para a geração de energia renovável, estimulada por políticas públicas em resposta às preocupações ambientais atuais da sociedade.

O primeiro documento publicado pela Agência Internacional de Energia sobre as perspectivas da energia eólica, o *Offshore Wind Outlook 2019*, indica uma oportunidade para a indústria de 1 trilhão de dólares até 2040, com chance de que a energia eólica seja uma das principais tecnologias de produção globais de energia (IEA, 2019). Segundo os atuais planos de investimentos e políticas governamentais dos países envolvidos com energia eólica, espera-se que, em 2023-2027, sejam adicionados 130 GW de energia eólica offshore, e que este mercado cresça até 13% ao ano, adicionando mais de 20 GW ao ano em 2030 (Ren, 2023). O *Global Wind Report 2023* estima que o potencial instalado de energia eólica *offshore* cresça, no mercado global, de um total de 8,8 GW, em 2022, para 35,5 GW em 2027. Ao fim de 2022, o mundo já possuía 64,3 GW instalados, sendo que Reino Unido, Alemanha e China concentravam mais de 75% de toda a capacidade instalada (Hutchinson & Zhao, 2023).

Com uma extensão costeira de aproximadamente 8000 km, o Brasil é um país que possui um enorme potencial eólico para a implantação de projetos eólicos *offshore*. Segundo estudo de ORTIZ e KAMPEL (2011), o potencial eólico *offshore* brasileiro está em torno de 1780 GW até a distância de 200 milhas náuticas da costa, englobando a zona econômica exclusiva (ZEE). A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apontou que o potencial eólico *offshore* brasileiro em regiões com maior atratividade, possuindo ventos acima de 7m/s e batimetria de até 100 m, chega a 697 GW (EPE, 2020a). Essas regiões encontram-se na costa dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, no litoral de Alagoas e Sergipe e na costa mais ao sul de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Ortiz e Kampel, 2011).

No Brasil, ainda não há parques eólicos *offshore* em operação, ao passo que parques eólicos *onshore* encontram-se em plena expansão e, atualmente, representam a quarta maior fonte geradora de energia elétrica na matriz brasileira, contribuindo com aproximadamente 11,8% da energia elétrica gerada em 2022, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023 (EPE, 2023). O consumo de energia elétrica no país pode apresentar um crescimento na ordem de 3,7% ao ano entre 2025 e 2030 e um consumo

potencial 3 vezes maior em 2050, quando comparado com 2015, conforme aponta a EPE (2020b).

Com base na demanda crescente por energia elétrica no Brasil, alinhada com o enorme potencial eólico *offshore*, empreendedores nacionais e internacionais demonstraram interesse no desenvolvimento de projetos desta natureza no país, como pode ser observado pela análise dos processos de licenciamento ambiental (Figura 1). O Brasil possui aproximadamente 96 projetos de energia eólica *offshore* em licenciamento ambiental, totalizando 234,4 GW de capacidade, por meio de 31 empreendedores (IBAMA, 2022), prioritariamente nos estados do RS, CE, RJ e RN (Figura 2).

Entretanto, o mercado de energia eólica *offshore* enfrenta diversos desafios, os quais podem impactar a implementação de projetos desta natureza, tanto em mercados estabelecidos quanto em emergentes, porém, podem ser mitigados por políticas públicas eficazes. Também pode-se destacar que o desenvolvimento de uma cadeia de valor robusta é crucial para o desenvolvimento da indústria de energia eólica *offshore*, para que seja possível o desenvolvimento de projetos com baixo custo e competitivos (IEA, 2019).

Mesmo com projetos atualmente em licenciamento ambiental, o país carece de estudos apontando os principais riscos e potenciais soluções para destravar essa nova indústria, de modo a gerar empregos e desenvolvimento social. Neste contexto, as perguntas de pesquisa que nortearam o presente trabalho foram:

1. Quais são os principais riscos que os empreendedores devem levar em consideração quando da elaboração e implantação de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil?
2. Existem diferenças e particularidades regionais entre os riscos, quando são consideradas as regiões Nordeste, Sudeste e Sul para a implantação dos projetos de energia eólica *offshore*?

Tendo como referência as perguntas de pesquisa, o presente trabalho teve como objetivo identificar e apresentar os principais riscos na implementação de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil, sob a ótica do empreendedor, por meio de uma análise qualitativa, visando auxiliar a sociedade, a indústria e a academia na compreensão dos principais desafios, riscos e ameaças à implantação de projetos de geração de energia eólica *offshore*. Em adição, durante a pesquisa, foram identificados os riscos específicos para a implementação dos projetos de energia eólica *offshore*, associados às regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país.

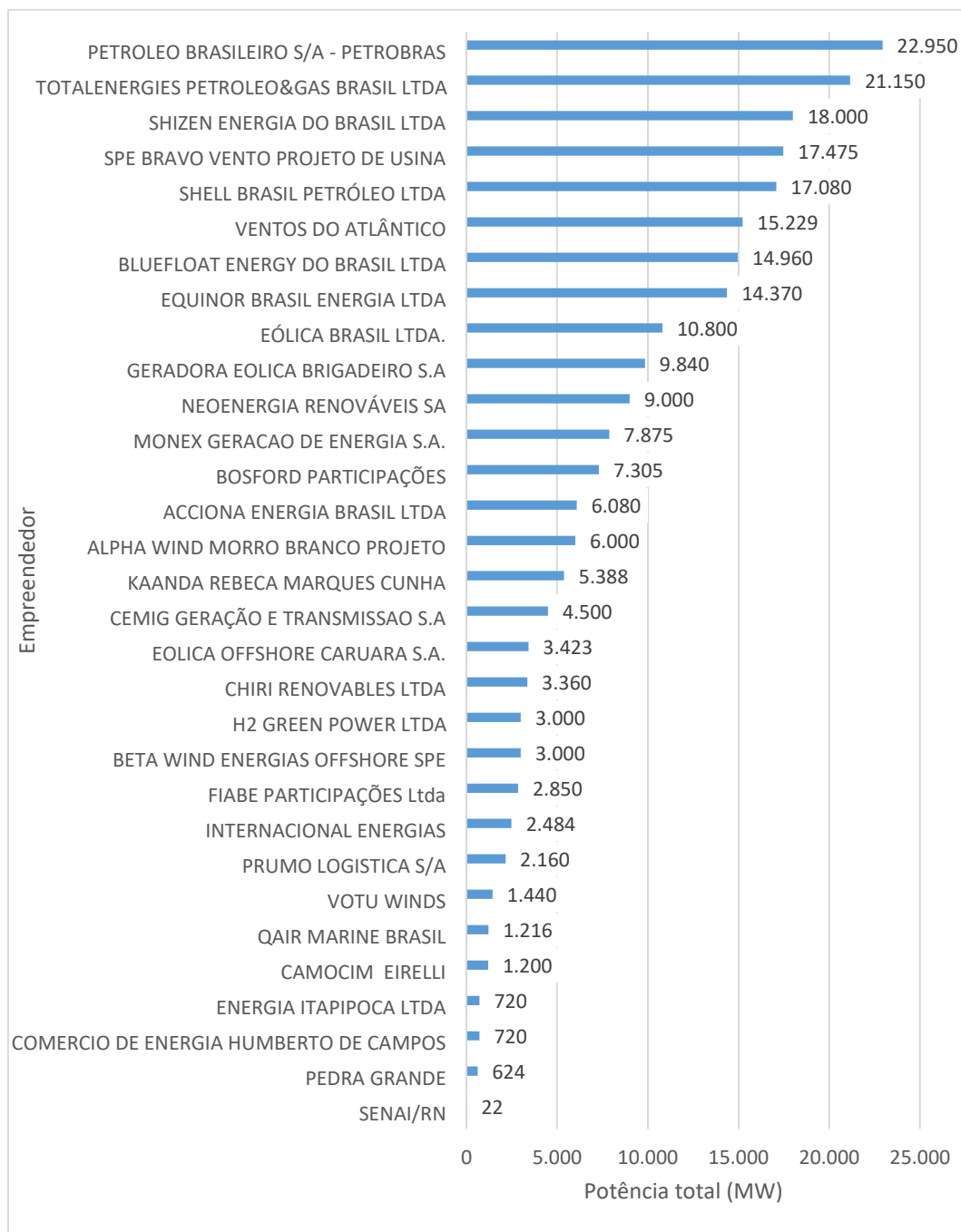


Figura 1. Projetos em licenciamento ambiental por empreendedor (MW)

Fonte: Adaptado de IBAMA (2022).

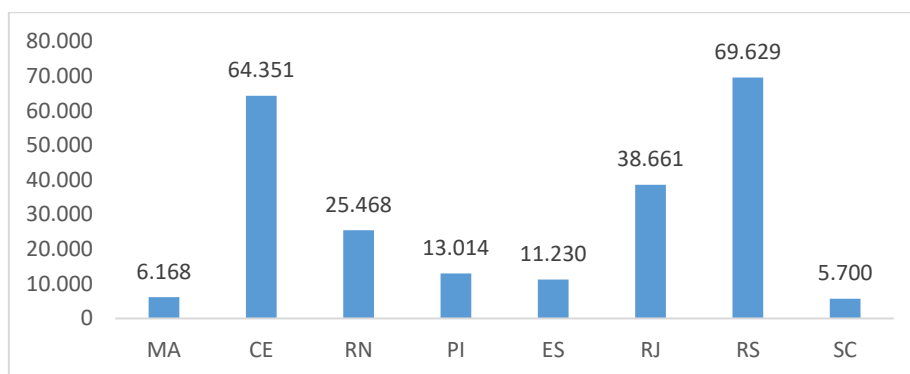


Figura 2. Potência total por estado (MW)

Fonte: Adaptado de IBAMA (2022).

2 METODOLOGIA

Para identificar os detalhes sobre o tema em estudo e responder às perguntas da pesquisa, o presente trabalho se apoiou sobre uma pesquisa qualitativa e exploratória (Gil, 2015), identificando os dados e informações para atender ao objetivo exposto. Os procedimentos técnicos adotados para a delimitação e compreensão do problema abordado incluíram pesquisa bibliográfica e revisão da literatura, identificação dos riscos associados à implementação de projetos de energia *offshore* na literatura, em âmbito internacional, validação dos riscos identificados na literatura por meio de entrevistas com especialistas nacionais em projetos de energia eólica *offshore* e elaboração do questionário de pesquisa para levantamentos de dados, aplicação do questionário, análise dos resultados e conclusão da pesquisa (Figura 3).

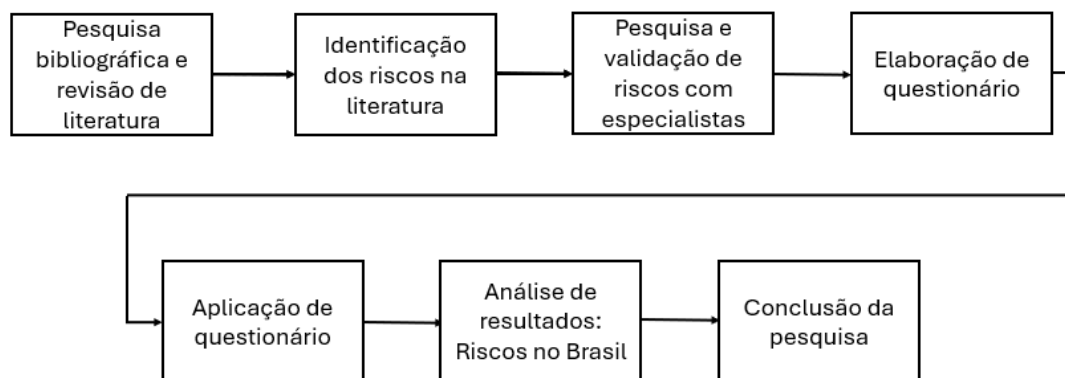


Figura 3. Fluxograma para a metodologia e pesquisa

Fonte: o autor (2023).

Pesquisa bibliográfica e revisão da literatura: A partir do levantamento bibliográfico, foram estudados relatórios e documentos produzidos pelo Ministério de

Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética e IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, além da AIE - Agência Internacional de Energia, visando à compreensão da conjuntura associada à energia eólica *offshore* no Brasil. Para identificar estudos e projetos recentes associados ao tema deste trabalho, foram realizadas três pesquisas, entre os meses de janeiro a fevereiro de 2023, nas bases Scopus, ScienceDirect, Web of Science e Engineering Village, buscando-se artigos de revisão e de pesquisa relacionados à temática, publicados durante o intervalo de tempo de 2018-2022. Os termos e comandos de pesquisa utilizados, os números de artigos encontrados e de selecionados, com aderência à pesquisa, são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Pesquisa bibliográfica em bases de periódicos

Pesquisa	Comandos de busca	Resultados	Artigos selecionados
1	"Offshore wind" AND "Brazil" AND "project" AND "Risk "	374	18
2	"Offshore wind" AND "Development" AND "Project" AND "Risk analysis "	461	6
3	"Offshore wind" AND "Implementation" AND "Project" AND "Risk analysis "	373	6
Total de artigos selecionados			30

Fonte: o autor (2023).

Identificação dos riscos na literatura: Foram identificados 32 riscos relevantes associados ao desenvolvimento e implantação de projetos de energia *offshore*, com base em mapeamento criterioso do estado da arte na literatura, utilizando-se os 30 artigos selecionados na pesquisa bibliográfica. Estes riscos estão separados em cinco categorias diferentes de riscos: políticos, mercado, econômico, técnico e social.

Validação dos riscos com especialistas: Nessa etapa da pesquisa, foi realizada a validação da pertinência e relevância dos riscos identificados na literatura, para a realidade brasileira. Os riscos foram submetidos para análise, em entrevistas, com dois especialistas, envolvidos no desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil, em duas empresas de grande porte. Após a análise, os riscos foram reduzidos de 32 para 28.

Elaboração do questionário: Os 28 riscos validados pelos especialistas foram usados como suporte para a construção de um questionário que permitisse a identificação da relevância dos riscos, nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, conforme uma

escala com 4 níveis (irrelevante, baixo, médio ou alto). O questionário contou com 19 perguntas fechadas e duas perguntas em aberto para que os respondentes pudessem identificar outras ameaças não inicialmente descritas no questionário.

Aplicação do questionário: Os questionários foram enviados para especialistas do mercado, envolvidos no desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no país. Este levantamento de dados e informações durou quatro semanas, durante os meses de maio e junho de 2023, e alcançou 13 profissionais - sendo 11 deles pós-graduados -, de diferentes partes da cadeia de valor dos empreendimentos eólico *offshore*. Os profissionais fazem parte de empresas do ramo de óleo e gás, energia renovável, óleo e gás e renováveis, educação e associações do setor. No Brasil, este mercado encontra-se em um estágio preliminar de desenvolvimento, o que justifica o número de participantes na pesquisa.

Análise dos resultados e conclusão da pesquisa: A análise dos resultados foi feita por meio do desenvolvimento de gráficos, visando organizar os dados para interpretação e integração dos riscos identificados entre as categorias propostas na pesquisa, além de organizar as principais ameaças apontadas para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A estrutura analítica de riscos e os projetos de energia eólica *offshore*

A identificação dos riscos para a implantação de projetos de energia eólica *offshore* com apoio pesquisa bibliográfica realizada, com destaque para as pesquisas de Zhou e Yang (2020), Chou et al (2021), Liu et al. (2021) e Karamoozian et al. (2022), permitiu construir a estrutura analítica de riscos apresentada na Figura 4, contando com 32 riscos, separados em 5 categorias: riscos técnicos, econômicos, políticos, sociais e de mercado, que são descritos na próxima seção deste trabalho.

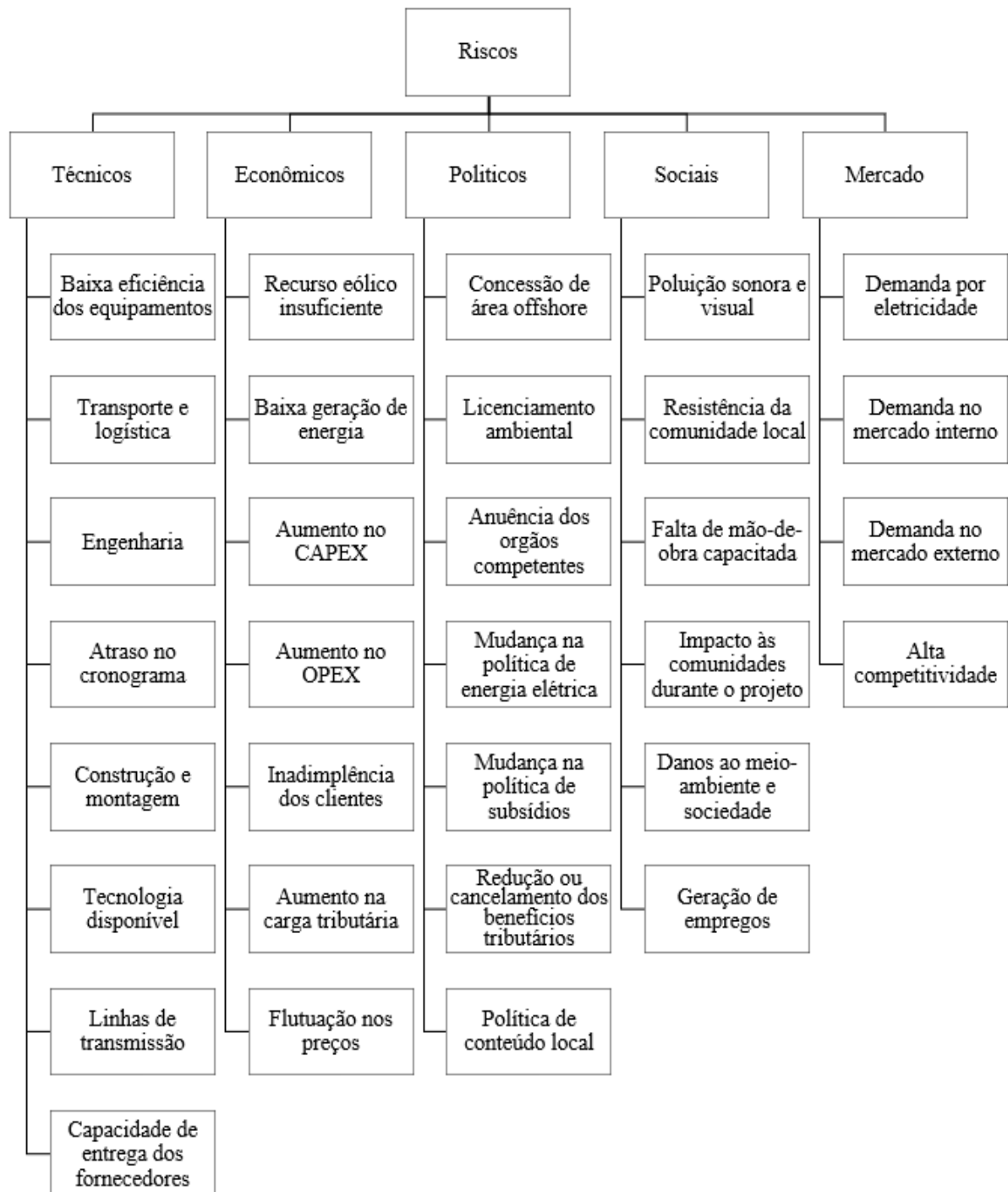


Figura 4. Estrutura analítica de riscos para implementação de projetos eólicos *offshore* com base no levantamento bibliográfico

Fonte: o autor (2023)

3.2 Identificação dos riscos associados aos projetos de energia eólica *offshore*

3.2.1 Riscos técnicos:

Os riscos técnicos associados à implementação dos projetos de energia eólica *offshore* podem se vincular a problemas que ocorrem em sua implantação, devido a atrasos no cronograma, problemas no transporte e logística, e na construção e montagem, levando à

postergação do início das operações. Dificuldades na capacidade de entrega e gestão dos fornecedores para executar o projeto, devido ao seu ineditismo no país, e a indisponibilidade de tecnologia para viabilização do empreendimento também são riscos técnicos que podem impactar o prazo de entrega. Outros riscos técnicos relevantes são a baixa eficiência de equipamentos e a indisponibilidade de linhas de transmissão para receber a energia gerada.

3.2.2 Riscos econômicos:

Os principais riscos econômicos são a insuficiência de recurso eólico, em determinadas épocas do ano, o aumento nos custos do empreendimento - CAPEX e OPEX, durante as fases de desenvolvimento, operação e manutenção -, e a carga tributária que impactam a atratividade e resultados econômicos do projeto, respectivamente. As flutuações dos preços da energia negociada no mercado livre e a inadimplência dos clientes em contratos negociados no mercado são também riscos econômicos.

3.2.3 Riscos políticos:

Os riscos políticos que podem impactar a atratividade e a competitividade dos empreendimentos se vinculam às decisões de gestão dos governantes do país, constituindo-se de incertezas regulatórias relacionadas à concessão de área *offshore* e ao licenciamento ambiental para implementação dos projetos, à falta de anuência dos órgãos competentes com relação às autorizações necessárias para o empreendimento, mudanças na política energética nacional após a aprovação dos projetos, mudança ou falta de uma política de subsídios, redução ou cancelamento de benefícios tributários e exigência de conteúdo local.

3.2.4 Riscos sociais:

Os principais riscos sociais decorrem do impacto do projeto sobre a comunidade local. Pode ocorrer resistência da comunidade durante a fase de licenciamento ambiental, ocasionando o indeferimento do processo por parte da autoridade ambiental. Outros riscos sociais decorrem de insatisfação da comunidade devido à poluição sonora e visual, e de danos ao meio-ambiente e à sociedade, durante a operação do empreendimento por conta de acidentes ou incidentes, levando a manifestações populares e ações judiciais. O desenvolvimento, operação e manutenção dos projetos pode impactar a economia local, em especial a atividade pesqueira. A falta de mão de obra capacitada, dado o ineditismo

dos projetos eólicos *offshore* em diversos países também é um risco social, que pode impactar a segurança, qualidade, prazo de entrega e custo dos empreendimentos.

3.2.5 Riscos de mercado:

Uma das perspectivas relevantes para a implantação de projetos de energia eólica *offshore*, em especial na região nordeste do país, é o atendimento da demanda de energia elétrica para as plantas de produção de hidrogênio verde para exportação. Neste caso em especial, os riscos de mercado se associam à possibilidade de baixa demanda por hidrogênio verde no mercado externo. Outros riscos de mercado que podem afetar a atratividade do projeto se associam à baixa demanda interna por eletricidade, considerando o mercado regulado e o mercado livre e, também, a alta competitividade entre empreendedores, o que pode reduzir as margens de lucro.

3.3 A análise qualitativa dos riscos na implementação de projetos de energia eólica *offshore*

Os riscos apresentados na Figura 4 foram submetidos a validação por dois pesquisadores especialistas, envolvidos no desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil em duas empresas de grande porte, para verificação de sua adequação à realidade brasileira. Após a análise com os especialistas, os riscos foram reduzidos de 32 para 28, tendo sido retirados um risco técnico (engenharia), um econômico (baixa geração de energia) e dois riscos sociais (poluição sonora e visual e geração de empregos).

Após a validação com os especialistas dos riscos e das ameaças identificadas no desenvolvimento de energia eólica *offshore* no Brasil, foi feita a análise qualitativa, sob a ótica dos entrevistados, do impacto de cada risco ao desenvolvimento da indústria. As tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam os riscos detalhados para as diferentes categorias e o impacto dos eventos na visão dos empreendedores. Os valores são mostrados em percentuais de respostas.

3.3.1 Risco técnico:

Tabela 2. Análise de impacto nos Riscos Técnicos (valores em percentuais)

Risco Técnico	I	B	M	A
RT1. Baixa eficiência de equipamentos	0,0	76,9	47,7	15,4
RT2. Atrasos em transporte e logística durante o desenvolvimento dos projetos	0,0	7,7	30,8	61,5
RT3. Atraso no cronograma, afetando início de operação	0,0	15,4	46,2	38,4
RT4. Ocorrência de acidentes durante a construção e montagem	0,0	38,5	38,5	23,0
RT5. Indisponibilidade de tecnologia necessária	0,0	0,0	53,8	46,2
RT6. Indisponibilidade de linhas de transmissão	0,0	7,7	15,4	76,9
RT7. Falta de capacidade técnica e de gestão dos fornecedores	15,4	30,8	38,4	15,4

Legenda: I: Irrelevante, B: Baixo; M: Médio; A: Alto

Fonte: o autor (2023)

3.3.2 Risco econômico:

Tabela 3. Análise de impacto nos Riscos Econômicos (valores em percentuais)

Risco Econômico	I	B	M	A
RE1. Recurso eólico insuficiente	15,4	53,8	23,1	7,7
RE2. Aumento de custos (CAPEX e OPEX) durante desenvolvimento, operação e manutenção dos projetos	0,0	7,7	38,5	53,8
RE3. Inadimplência de clientes	0,0	38,4	46,2	15,4
RE4. Aumento da carga tributária	0,0	30,8	23,1	46,2
RE5. Flutuação dos preços da energia no mercado livre	0,0	23,1	46,2	30,8

Legenda: I: Irrelevante, B: Baixo; M: Médio; A: Alto

Fonte: o autor (2023)

3.3.3 Riscos políticos:

Tabela 4. Análise de impacto nos Riscos Políticos (valores em percentuais)

Risco Político	I	B	M	A
RP1. Incertezas regulatórias sobre concessão de área	0,0	0,0	46,2	53,8
RP2. Incertezas regulatórias sobre licenciamento ambiental	0,0	15,4	30,8	53,8
RP3. Falta de anuência com relação às autorizações necessárias	0,0	15,4	30,8	53,8
RP4. Mudança na política energética	0,0	23,1	38,5	38,5
RP5. Mudança de política de subsídios	0,0	15,4	61,5	23,1
RP6. Redução ou cancelamento de benefícios tributários	0,0	30,8	69,2	0
RP7. Exigência de conteúdo local	0,0	38,5	30,8	30,8

Legenda: I: Irrelevante, B: Baixo; M: Médio; A: Alto

Fonte: o autor (2023)

3.3.4 Riscos sociais:

Tabela 5. Análise de impacto nos Riscos Sociais (valores em percentuais)

Risco Social	I	B	M	A
RS1. Insatisfação da comunidade devido à poluição sonora e visual	0,0	38,5	53,8	7,7
RS2. Resistência da comunidade durante a fase de licenciamento ambiental	0,0	15,4	30,8	53,8
RS3. Falta de mão de obra capacitada	0,0	15,4	23,1	61,5
RS4. Impacto à economia local, em especial pesca, da comunidade durante a desenvolvimento, operação e manutenção do projeto.	0,0	7,7	61,5	30,8
RS5. Danos ao meio ambiente e à comunidade local devido a acidentes durante a operação do empreendimento	0,0	38,5	38,5	23,0

Legenda: I: Irrelevante, B: Baixo; M: Médio; A: Alto

Fonte: o autor (2023)

3.3.5 Risco de mercado:

Tabela 6. Análise de impacto nos Riscos de Mercado (valores em percentuais)

Risco de Mercado	I	B	M	A
RM1. Baixa demanda por eletricidade para produção de hidrogênio verde	0,0	7,7	53,8	38,5
RM2. Baixa demanda interna de energia no mercado regulado	0,0	23,1	15,4	61,5
RM3. Baixa demanda interna de energia no mercado livre	0,0	15,4	23,1	61,5
RM4. Alta competitividade entre empreendedores, com redução de lucros	0,0	69,2	15,4	15,4

Legenda: I: Irrelevante, B: Baixo; M: Médio; A: Alto

Fonte: o autor (2023)

A partir dos resultados apresentados nas tabelas, pode-se concluir que, quanto aos riscos técnicos (Tabela 2), a indisponibilidade de linhas de transmissão para escoar a energia gerada, falta de infraestrutura, capacidade portuária e atrasos no fornecimento de turbinas, geradores e no transporte e logística durante o desenvolvimento dos projetos, operação e manutenção foram com principais riscos destacados.

O possível aumento nos custos do empreendimento durante as fases de desenvolvimento, operação e manutenção, as cobranças excessivas em royalties e bônus de assinatura foram identificadas como os principais riscos da categoria econômico (Tabela 3).

No aspecto político (Tabela 4), as incertezas regulatórias relacionadas à concessão de área *offshore* e atrasos na aprovação do Projeto de Lei 576/2021, que disciplina a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético *offshore*, são vistos como pontos de preocupação pelos empreendedores.

Com relação à categoria social (Tabela 5), destaca-se a falta de mão de obra capacitada dado o ineditismo deste projeto e uma possível resistência da comunidade local em algumas regiões do país.

Quanto aos riscos de mercado (Tabela 6), observa-se o risco de baixa demanda futura por eletricidade tanto no mercado livre quanto no mercado regulado e a potencial baixa demanda por hidrogênio e amônia verde no Brasil.

3.4 Identificação de riscos conforme sua distribuição geográfica

Ao longo da pesquisa, os principais riscos para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil foram identificados por meio do questionário aplicado. Nas figuras 5, 6 e 7 podem-se observar os principais riscos envolvidos nas regiões citadas:

3.4.1 Região Nordeste:

Principais riscos na região Nordeste
- Falta de estruturação do ambiente regulatório de forma célere para garantir a existência de um leilão de cessão de área.
- Falta de infraestrutura portuária adequada para o desenvolvimento dos projetos.
- Indisponibilidade de linhas de transmissão para conexão ao sistema interligado.
- Escassez de mão de obra local qualificada para atender a demanda dos projetos e manutenções futuras.
- Distância do principal centro consumidor de eletricidade do país.
- Baixa demanda por hidrogênio verde no mercado internacional.
- Impacto à atividade pesqueira.

Figura 10. Principais riscos na região Nordeste

Fonte: o autor (2023)

3.4.2 Região Sudeste:

Principais riscos na região Sudeste
- Falta de estruturação do ambiente regulatório de forma célere para garantir a existência de um leilão de cessão de área.
- Indisponibilidade de recurso eólico em determinadas épocas do ano.
- Falta de infraestrutura e capacidade portuária para o desenvolvimento dos projetos.
- Condições tributárias e fiscais desfavoráveis levando com que empreendedores prefiram a região Nordeste, observando as potencialidades de recursos naturais e condições de desenvolvimento dos projetos.
- Baixo crescimento da demanda por eletricidade e produtos de baixo carbono.

Figura 11. Principais riscos na região Sudeste

Fonte: o autor (2023)

3.4.3 Região Sul:

Principais riscos na região Sul
- Falta de estruturação do ambiente regulatório de forma célere para garantir a existência de um leilão de cessão de área.
- Indisponibilidade de infraestrutura elétrica para escapamento da energia produzida.
- Resistência da comunidade local ao desenvolvimento de projetos na região costeira.
- Escassez de mão de obra local qualificada para atender a demanda dos projetos e manutenções futuras.
- Indisponibilidade de recurso eólico em determinadas épocas do ano.
- Falta de infraestrutura portuária adequada para o desenvolvimento dos projetos.
- Preço da energia afetando a competitividade do projeto frente a outras ofertas na região.
- Dificuldades para conseguir o licenciamento ambiental.
- Baixo crescimento da demanda por eletricidade e produtos de baixo carbono.

Figura 12. Principais riscos na região Sul

Fonte: o autor (2023)

No que tange aos riscos regionais, destaca-se a ausência de ambiente regulatório para garantir a existência de um leilão de cessão de área, a falta de infraestrutura portuária adequada e a escassez de mão de obra local qualificada para atender a demanda dos projetos e manutenções futuras como riscos comuns entre as três regiões citadas na pesquisa.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho decorre de uma pesquisa que abordou o crescimento da energia eólica *offshore* globalmente e o potencial do Brasil para desenvolver essa indústria, diante da crescente demanda por eletricidade e energias de baixo carbono. Os resultados revelam a existência de interesse de empreendedores nacionais e internacionais, mas destaca a falta de estudos sobre os riscos associados.

As perguntas da pesquisa e os objetivos da pesquisa foram alcançados por meio da análise de riscos no desenvolvimento de projetos eólicos *offshore* no Brasil, baseando-se em uma revisão bibliográfica e na consulta a especialistas do setor. Foram identificados e validados riscos preexistentes e descobertos novos através de questionários. Além disso, analisou-se o impacto de cada risco no desenvolvimento da indústria em três regiões do país: Nordeste, Sudeste e Sul.

Na esfera técnica, os desafios incluem a infraestrutura de transmissão insuficiente e problemas logísticos relacionados a equipamentos e operações. Em termos econômicos, os custos projetados podem aumentar devido a fatores como royalties exorbitantes e bônus de assinatura. Os principais riscos políticos observados foram as incertezas regulatórias e demoras no processo legislativo, especialmente relacionados à outorga de áreas *offshore*. Socialmente, a falta de mão de obra qualificada e possíveis oposições das comunidades locais emergem como preocupações. Riscos de mercado incluem a possibilidade de demanda futura baixa por eletricidade e por produtos como hidrogênio e amônia verdes.

Regionalmente, a ausência de regulamentação para a cessão de áreas, a inadequação da infraestrutura portuária e a falta de mão de obra local são riscos comuns entre as regiões estudadas. No Nordeste, destaca-se o potencial de exportação de hidrogênio e amônia verde, mas a limitada transmissão de energia e a baixa demanda por produtos de baixo carbono representam desafios. O Sudeste, por sua proximidade com grandes centros de consumo de eletricidade enfrenta incertezas tributárias e fiscais que podem desencorajar empreendimentos. O Sul tem potencial para descarbonizar indústrias eletrointensivas, mas a baixa demanda por eletricidade e a ineficiência da infraestrutura elétrica podem comprometer a viabilidade dos projetos.

Esta pesquisa tem limitações, tais como a dependência dos riscos identificados na revisão bibliográfica e a validação feita por um número limitado de especialistas, refletindo o estágio inicial da indústria no Brasil. As publicações consideradas datam de 2018 a 2022, restringindo o escopo temporal do estudo.

Para futuras pesquisas, sugere-se aprofundar a análise dos riscos, investigando estratégias de mitigação com especialistas do setor para fortalecer a indústria. Isso poderia auxiliar na geração de emprego e no desenvolvimento social nas áreas estudadas. A pesquisa não focou em oportunidades de desenvolvimento nem na identificação de medidas de mitigação para os riscos relatados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOU, J. S.; LIAO, P. C.; YEH, C. D. Risk analysis and management of construction and operations in offshore wind power project. *Sustainability* 2021, 13, 7473. <https://doi.org/10.3390/su13137473>.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Roadmap Eólica Offshore no Brasil**. 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia – PNE 2050**. 2020b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>>. Acesso em 21 mai. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2015.

HUTCHINSON, M.; ZHAO, F. **Global Wind Report 2023**. Global Wind Energy Council. pp. 8, 99. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2023/04/GWEC-2023_interactive.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2024.

IBAMA. **Licenciamento Ambiental Federal de Complexos Eólicos Offshore**. 2022. Licenciamento Ambiental Federal. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>>. Acesso em: 04 mar. 2024.

IEA. **World energy Outlook 2019**. 2019. IEA/International Energy Agency. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

KARAMOOZIAN, A. **Risk assessment of renewable energy projects using uncertain information**. International Journal of Energy Research, v. 46, n. 13, p. 18079-18099, 2022.

LIU, Q.; SUN, Y.; WU, M. **Decision-making methodologies in offshore wind power investments: A review**. Journal of Cleaner Production, v. 295, p. 126459, 2021.

REN. **Global Status Report 2023**. 2023. REN/Renewable now. IEA Publications International Energy Agency Website: www.iea.org. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/96d66a8b-d502-476b-ba94-54ffda84cf72/Renewables_2023.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ZHOU, S.; YANG, P. **Risk management in distributed wind energy implementing Analytic Hierarchy Process**. Renewable Energy, v. 150, p. 616-623, 2020.

Contribuição dos autores: FB: conceituação, pesquisa bibliográfica, metodologia, sistematização, redação. GSF: conceituação, metodologia, supervisão, revisão.

Editores: Bruno Campos Pedroza, Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro.