



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MÁRCIO DOS SANTOS DANTAS

**IDENTIFICAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELABORAÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA
A IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS *OFFSHORE***

ANGICOS

2024

MÁRCIO DOS SANTOS DANTAS

**IDENTIFICAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELABORAÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA
A IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS *OFFSHORE***

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Ciro José Jardim de Figueiredo.

ANGICOS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

DD192 Dantas, Márcio dos Santos.
ii Identificação de critérios e elaboração de um
framework para a implantação de parques eólicos
offshore / Márcio dos Santos Dantas. - 2024.
62 f. : il.

Orientador: Ciro José Jardim de Figueiredo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Produção, 2024.

1. Energia Eólica. 2. Framework. 3. Seleção de
Locais. I. Figueiredo, Ciro José Jardim de ,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MÁRCIO DOS SANTOS DANTAS

**IDENTIFICAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELABORAÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA
A IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS *OFFSHORE***

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Defendida em: 01 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CIRO JOSE JARDIM DE FIGUEIREDO**
Data: 10/04/2024 15:16:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciro José Jardim de Figueiredo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **NATALIA VELOSO CALDAS DE VASCONCELOS**
Data: 10/04/2024 13:53:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Natália Veloso Caldas de Vasconcelos, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador
Documento assinado digitalmente

 **LETICIA SOARES TEIXEIRA DE SOUZA**
Data: 10/04/2024 14:43:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Letícia Soares Teixeira de Souza, Eng. Produção (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico ao meu amado pai, In Memoriam.

Dedico à minha mãe, com amor e admiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, nosso Pai Celestial, por ter me dado a obstinação necessária para que eu pudesse chegar até aqui, por ser onipresente em toda a minha caminhada e por sempre ter ouvido minhas preces.

Agradeço a meus pais, Francisco de Assis (*in memoriam*) e Maria de Lourdes por todo o apoio e suporte e por terem sido meus baluartes primordiais da minha vida. Obrigado por terem me ensinado os exemplos de retidão, moral e ética, que são até hoje minhas guias pela busca da fraternidade humana e amor ao próximo. Amarei vocês eternamente.

Agradeço aos meus familiares, especialmente a minha avó Maria José e minha tia Julita Dantas, por toda ajuda, paciência e conselhos em toda a minha trajetória. Obrigado, eu amo vocês.

Agradeço a todos os meus amigos que fiz ao longo da minha vida acadêmica e a todos os outros amigos que sempre estiveram comigo, me incentivando, apoiando e me ajudando quando eu precisava. Espero tê-los por pertos de mim até o fim. Amo todos vocês de coração.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão aos membros da banca avaliadora, por dedicarem seu tempo e expertise para avaliar este trabalho. Suas valiosas contribuições e comentários são fundamentais para o aprimoramento deste estudo.

Agradeço à Augusta e Benfeitora Universidade Federal Rural do Semi-Árido por todas as oportunidades concedidas a mim e pela sua contribuição à minha vida acadêmica através do ensino.

E por fim, quero agradecer ao meu orientador prof. Dr. Ciro Figueiredo, por ter aceitado me orientar para que fosse possível a realização deste trabalho, pela paciência dedicada e pelo conhecimento repassado através da arte sagrada de lecionar.

Eu aprendi muito mais com meus erros do que
com meus acertos.

Thomas Edison

RESUMO

Esse trabalho propõe um *framework* abrangente para a seleção de locais para implantação de parques eólicos *offshore* no Brasil, com foco na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na plataforma continental. Através de uma revisão bibliográfica e exploração metodológica, destacando os desafios regulatórios associados a essa forma de energia renovável. Com base em uma entrevista com especialista e revisão da literatura, foram identificados e analisados os principais critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais considerados na seleção de locais para os parques eólicos. O *framework* proposto foi estruturado em fases, desde a obtenção de dados preliminares até a concessão do bem público e emissão das licenças necessárias para a instalação dos parques. Essa abordagem sistemática visa garantir a seleção de locais mais adequados e sustentáveis, levando em consideração aspectos como viabilidade técnico-econômica, obtenção de licenças ambientais e participação pública. O desenvolvimento de parques eólicos *offshore* no Brasil apresenta um grande potencial para contribuir com a matriz energética renovável do país. No entanto, é fundamental observar critérios técnicos, ambientais, econômicos e sociais adequados para garantir o sucesso e a sustentabilidade desses projetos. Além disso, destaca-se a importância de uma regulamentação clara e eficiente, bem como a participação ativa de todos os envolvidos no processo, visando garantir o desenvolvimento sustentável do setor e o aproveitamento pleno do potencial eólico brasileiro.

Palavras-chave: Energia Eólica. *Framework*. Seleção de Locais.

ABSTRACT

This work proposes a comprehensive framework for selecting locations for the implementation of offshore wind farms in Brazil, focusing on the Exclusive Economic Zone (EEZ) and the continental shelf. Through a literature review and methodological exploration, highlighting the regulatory challenges associated with this form of renewable energy. Based on an interview with an expert and a review of the literature, the main technical, economic, environmental and social criteria considered in the selection of locations for wind farms were identified and analyzed. The proposed framework was structured in phases, from obtaining preliminary data to granting public property and issuing the necessary licenses for installing the parks. This systematic approach aims to ensure the selection of the most suitable and sustainable locations, considering aspects such as technical-economic feasibility, obtaining environmental licenses and public participation. The development of offshore wind farms in Brazil has great potential to contribute to the country's renewable energy matrix. However, it is essential to observe appropriate technical, environmental, economic and social criteria to guarantee the success and sustainability of these projects. Furthermore, the importance of clear and efficient regulation stands out, as well as the active participation of everyone involved in the process, aiming to guarantee the sustainable development of the sector and the full use of Brazilian wind potential.

Keywords: Wind Energy. Framework. Site Selection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Estrutura do trabalho	20
Figura 2	–	Estrutura do <i>framework</i>	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Autores principais.....	31
Gráfico 2	–	Ano de publicação	34
Gráfico 3	–	Países que publicaram trabalhos na área.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Objetivo dos principais periódicos dos trabalhos publicados	37
Quadro 2	–	Inferência dos artigos estudados	41
Quadro 3	–	Entrevista com a especialista	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Relação dos critérios listados na seção de “Critérios” da Fundamentação Teórica.....	24
Tabela 2	– Combinações de palavras-chave	29
Tabela 3	– Remoção dos artigos que não se enquadra nos parâmetros estabelecidos na pesquisa.....	30
Tabela 4	– Ranking dos Autores Principais que mais publicaram.....	31
Tabela 5	– Ranking dos Coautores mais frequentes na base bibliográfica.....	32
Tabela 6	– Autores que mais apresentam trabalhos na base bibliográfica.....	33
Tabela 7	– Palavras-chave.....	34
Tabela 8	– Palavras-chave extra.....	35
Tabela 9	– Periódicos com trabalhos publicados.....	36
Tabela 10	– Áreas do Conhecimento.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização do Tema.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 Problema	18
1.4 Justificativa	18
1.5 Estrutura do Trabalho	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Energia eólica.....	21
2.2 Critérios.....	22
3. MÉTODO DE PESQUISA	26
3.1 Classificação da pesquisa	26
3.2 Procedimento de pesquisa.....	26
4. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	28
4.1 Planejamento e revisão.....	28
4.2 Elaboração da revisão	28
4.3 Resultados da Análise Bibliométrica	30
4.3.1 Autores Principais	30
4.3.2 Coautores	32
4.3.3 Autores	32
4.3.4 Datas das Publicações.....	33
4.3.5 Palavras-chave	34
4.3.6 Palavras-chave extras	35
4.3.7 Periódicos com Trabalhos Publicados.....	36
4.3.8 Áreas do Conhecimento.....	37
4.3.9 Nacionalidades de Origem das Publicações	38
5. INFERÊNCIA DOS ARTIGOS.....	40
6. ENTREVISTA COM À ESPECIALISTA.....	47
7. ELABORAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>.....	51
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O capítulo de introdução foi destinado para a elaboração da contextualização e seleção dos fatores de avaliação para implantação de parques eólicos *offshore*, seus objetivos, o problema analisado e suas justificativas.

1.1 Contextualização do Tema

As energias fósseis são fontes predominante na geração da matriz energética mundial, sendo o principal impulso do desenvolvimento humano. No entanto, com a expansão da industrialização e o crescimento populacional, com o aumento da exploração e consumo extensivos das energias fósseis levaram a degradação das bases de recursos energéticos, até a danos ambientais irreversíveis (Wang *et al.*, 2022). Por isso, existe uma imposição mundial que exige fontes energéticas alternativas e renováveis em detrimento de recursos fósseis limitados e com maiores impactos de danos ambientais. Por isso, de acordo com Lee e Chang (2018), muitos países vem realizando negociações e protocolos sobre questões ambientais e energias renováveis desde o Protocolo de Quioto em 1997 passando pela conferência de Paris em 2015 onde foram formalizados os dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (ONU). De acordo com a ONU (2023), o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável que trata das questões de geração energética e fontes renováveis é o sétimo ODS denominada “Energia Limpa e Acessível”, que busca garantir o acesso à geração de fontes de energias renováveis, confiáveis, sustentáveis e modernas para todos até 2030. As fontes de energias renováveis são alternativas viáveis economicamente. De acordo com Dovrak *et al.* (2010), a energia eólica é uma fonte renovável comercialmente viável para a geração de energia elétrica. Por isso, buscam-se ainda mais investimentos e incentivos governamentais para a sua expansão.

Santos (2022), define que a energia eólica é a transformação da energia cinética dos movimentos dos ventos em energia elétrica em seu estágio final. A sua geração pode ser dividida em energia eólica *onshore* e *offshore*. De acordo com Medeiros (2014), a diferença entre a *onshore* e *offshore* é que a geração de energia eólica *onshore* acontece em parques instalados em terra firme, enquanto a *offshore* tem a geração da energia eólica por meio de parques localizados no mar. De acordo com a Lei Federal Nº 8.617, de 1993, é regulamentado que as principais áreas para a exploração *offshore* de qualquer natureza são na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na plataforma continental brasileira.

De acordo com Dantas *et al.* (2021), a energia eólica mostra-se+ uma fonte de geração elétrica bastante difundida no nordeste brasileiro, região onde apresentam boas correntes e velocidades de vento relativamente constantes em boa parte dos estados. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2024), o país apresentava até março de 2024 uma capacidade instalada de 29,53 GW e 1003 parques eólicos, além disso, o estado do Rio Grande do Norte desponta como um dos maiores produtores de energia eólica do país, com uma capacidade de instalada de 9,44 GW, com 293 parques e sendo o maior produtor do Brasil seguido da Bahia.

Por outro lado, projetos *offshore* são entendidas como as atividades desenvolvida em alto mar, ou seja, a energia eólica *offshore* são atividades relacionadas a construção e operação desse tipo de empreendimento no mar, lagos ou lagoas. No entanto, a implantação da energia eólica em *offshore* apresenta desafios, pelo fato dos seus custos mais elevados em relação a implantação *onshore*, por questões de regulamentações de áreas marinhas e de operação que apresentam um grau de dificuldade maior de executar. Carvalho *et al.* (2017) explica que as desvantagens do *offshore* são os custos de fabricação dos componentes, transporte, instalações e manutenções centrais.

Embora apresentem dificuldades de implantação, está no mar as melhores áreas para a instalações desses parques eólicos, pelo fato da abundância do vento, distância das comunidades que sofrem com o incômodo de ruídos gerados pelas torres entre outros benefícios. Ziemba (2022), relata que, o desenvolvimento da energia eólica *offshore* é suportada por inúmeras vantagens técnicas, sociais e ambientais, em comparação a energia eólica *onshore*. Com a tecnologia eólica *offshore* apresentando uma maior potência nominal, eficiência energética e mais espaço para em instalação em relação aos parques *onshore*. Wang *et al.* (2022) observa que existe duas características da *offshore* que são contrastes com a *onshore*. A primeira é o maior potencial da geração de energia da *offshore*, e a segunda é o fato de se localizar longe da terra, não afetando o planejamento urbano das cidades.

Embora a geração de energia eólica traga muitos benefícios para a sociedade, principalmente com a redução das emissões de gases do efeito estufa, ela também apresenta seus impactos negativos, como qualquer empreendimento. De acordo com Costa *et al.* (2019), a implantação de parques eólicos *onshore* no Ceará provocou impactos significativos. O estudo demonstra que o período de maiores impactos ocorreu durante a fase de construção do parque, e alguns dos impactos identificados incluem a diminuição da fauna de flora local, a produção de ruídos, fissuras nas casas e descaracterização da paisagem.

Em relação aos parques eólicos *offshore*, na qual é o foco deste trabalho, também apresentam fatores negativos, de acordo com Bailey *et al.* (2014), impactos ambientais como a morte de aves por colisão com as pás eólicas e também impactos relacionados com ruídos e a construção dos parques em alto mar podem ser responsáveis por causar stress, dificultando a sobrevivência, a fecundidade e muitas as vezes a morte direta de muitas espécies da vida marinha, incluindo espécies de mamíferos marinhos, como por exemplo, há evidências de distúrbios de comportamento em golfinhos que são causados por sons decorrentes da cravações de estacas, os quais podem se estender a uma área de até 20 km do local das cravações.

Outro exemplo de Bailey *et al.* (2014), é que algumas gaivota-tridáctila podem voar em uma altitude de risco de colisão definidas entre 20-150 m. Já Martins *et al.* (2022) relata que os efeitos dos parques eólicos *offshore* sobre animais marinhos e pássaros ainda não são totalmente compreendidas.

Ainda de acordo com Bailey *et al.* (2014) e Martins *et al.* (2022), a implantação dos parques eólicos *offshore* podem acarretar diversos outros impactos. Por exemplo, a mudança de comportamento e o desaparecimento de vidas marinhas na área de implantação são impactados pela movimentação e máquinas e ruídos, o choque de aves migratórias com as pás das turbinas, possíveis problemas envolvendo embarcações navais e a alteração da paisagem pela implantação das torres em alto mar.

1.2 Objetivos

O presente trabalho foi desenvolvido no intuito de alcançar os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um *framework* para estruturar os fatores de seleção de localidades para a implantação de parques eólicos *offshore* na Zona Econômica Exclusiva e na plataforma continental do Brasil, levando em consideração a Legislação Brasileira vigente.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o trabalho consiga atingir seu objetivo geral, de propor um *framework* no intuito de estruturar os fatores para a seleção de parques eólicos *offshore*, necessita de que alguns objetivos específicos importantes sejam alcançados.

- a) Revisar a literatura sobre o tema, por meio de um método de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, para identificar os trabalhos que mais se assemelham com o trabalho proposto e as tendências dos estudos já realizados;
- b) Identificar os critérios técnicos, ambientais, econômicos e sociais utilizados na análise de decisão da localização dos parques eólicos;
- c) Analisar as restrições encontradas para a implantação dos parques eólicos *offshore*;
- d) Levantar na legislação brasileira os procedimentos e regras na implantação dos parques eólicos no mar;
- e) Analisar os critérios buscando conciliar os fatores econômicos, técnicos, ambientais e sociais.

1.3 Problema

Existem algumas dificuldades para a implantação de parques eólicos *offshore*, seja pela escolha de um local adequado, pela sua logística, interesses conflitantes de grupos que usufrui de alguma forma dos bens públicos como lagoas, lagos, da zona econômica exclusiva das águas marítimas (como por exemplo, tráfegos de navios e pescadores) . Salvador *et al.* (2022), explica que entre os muitos desafios na implantação de um novo parque eólico e sua cadeia de suprimento, tem um desafio crítico é de determinar o local ideal para a sua implantação. Pois muitos fatores atrelados a incertezas, tornam este um problema complexo de tomada de decisão.

De acordo com o potencial energético para parques eólicos do Brasil, e os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais que devem ser analisados para a implantação de uma nova fonte de energia renovável quaisquer que sejam, esse trabalho traz o seguinte questionamento: **Quais os fatores que mais se adequam para a estruturação de um *framework* de seleção de localidades para a implantação de parque eólicos *offshore*?**

1.4 Justificativa

Dantas *et al.* (2021) e Moreira (2023), demonstram que o Brasil se destaca como um importante *player* na geração de energia eólica, e ainda possui um grande potencial de crescimento para os próximos anos. Por outro lado, é importante que haja o desenvolvimento de pesquisas que avaliem fatores e elaborem *framework's* que possam auxiliar nas análises de seleções de locais para parques eólicos e na tomada de decisão. Esses estudos são relevantes para a escolha de locais adequados para a instalação de novos parques eólicos, levando em considerações de fatores conflitantes que se adequem as condições e normas locais.

Além disso, e de acordo com Ilbahar, Cebi e Kahraman (2019), diversos métodos de tomada de decisão multicritérios são aplicados à área de energias renováveis para diversos fins, como a identificação do local ideal para a instalação de fontes de energias renováveis, a avaliação de políticas energéticas e seleção de fontes de energias renováveis.

Outro fator importante é que existem diferenças de critérios na escolha de uma fonte de energia da *onshore* para *offshore*, alguns autores focam nesses critérios mais voltados para as análises de tomada de decisão multicritérios em parques eólicos *offshore*. De acordo com Salvador *et al.* (2022), alguns desses critérios são: zona econômica exclusiva, reserva marinha, topografia oceânica, corredores marítimos e distância de portos. Já Ziemba (2022) trabalha com alguns dos seguintes fatores: Conflito com a pesca, distância até a costa, distância para rotas da vida marinha migratória, distância às rotas marinhas, alcance das marés e velocidade da corrente e profundidade da água. E Santoyo-Castelazo e Azapagic (2014), utilizaram em seu trabalho de pesquisa critérios como ecotoxicidade aquática de água doce e ecotoxicidade marítima.

Além disso, outro ponto importante é a recente mudança de legislação para a concessão de uso de corpos d'água para a geração de energia *offshore*. Em 2022 um decreto federal concedeu uma legislação específica para esses tipos de geração de energia, através do decreto Nº 10.946, de 25 de Janeiro de 2022, que concede o espaço físico sobre águas públicas, como uso de corpos d'água, da zona econômica exclusiva e da plataforma continental para o a geração de energia por meio *offshore*.

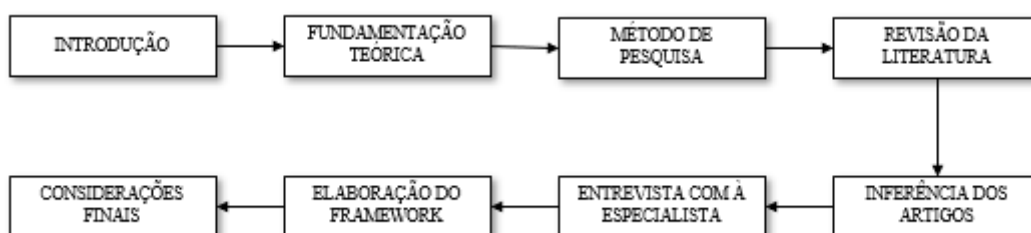
Antes disso, o marco regulatório que cedia essas áreas para o aproveitamento econômico de interesse nacional era a Lei 9.636/98 no seu Art. 18, não sendo uma legislação exclusiva para a geração desse tipo de energia, mas para todo empreendimento econômico que fossem de interesse da união. Embora a regulamentação da cessão para a geração de energia elétrica *offshore* seja orientada apenas pelo o Decreto Nº 10.946, de 2022, existe em trâmite no Legislativo Federal o Projeto de Lei Nº 11.247, de 2018, que regulamenta a autorização de locais sobre águas pública para o aproveitamento do potencial energético *offshore*, o Projeto de Lei foi aprovado no Plenário da Câmara dos Deputados Federais e tramita no Senado Federal.

Dessa maneira esse presente trabalho se justifica não só pela seleção de critérios para avaliar as melhores localidades de instalação de parques eólicos, mas também analisar possíveis conflitos gerados entre os melhores resultados dos critérios e as normas regulatórias vigente para esse tipo de empreendimento.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho é estruturado em oito partes. A primeira seção constitui a Introdução, na qual é apresentado a Contextualização do Tema, Objetivos, os Problemas e Justificativa. A segunda parte, é apresentado uma breve fundamentação teórica dos tópicos como critérios e energia eólica. Na terceira etapa descreve a metodologia da pesquisa, incluindo todos os passos que serão seguidos nas análises e aplicações do trabalho. Em seguida, na quarta parte, é realizada uma revisão bibliográfica relacionada ao tema de energia eólica *offshore*. Na quinta seção envolve a realização de uma inferência, sintetizando as informações mais importante dos trabalhos mais citados, assim como a sexta fase busca os resultados de uma entrevista realizada com uma especialista na área. Já na sétima parte, são apresentados os resultados e discussões, incluindo um *framework* de decisão de fatores para a localização de parques eólicos *offshore*. E por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para futuras pesquisas sobre tema. As etapas estão mostradas na Figura 01 a seguir, que ilustra a estrutura do trabalho.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: Autoria própria (2024)

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho traz uma breve revisão sobre os conceitos pertinentes ao trabalho realizado, levando em conta a visão de autores que publicaram obras na área de estudo.

2.1 Energia eólica

De acordo com Pinto (2012), o movimento do ar produz energia, onde a energia cinética do movimento do vento é a própria energia eólica. Ou seja, a energia eólica é a energia advinda da força do vento, sendo uma das fontes de energias renováveis mais promissoras. Áreas onde os ventos são mais fortes e constantes, como locais *offshore* e de alta altitude, são os locais preferidos para a implantação de parques eólicos. No entanto, a decisão de investimento na capacidade de geração de um parque eólico é difícil quando os estudos ou dados não são suficientes ou não estão disponíveis para o fornecimento de informações adequadas para o desenvolvimento de um projeto eólico (Baños *et al.*, 2011). A energia eólica, é uma alternativa aos combustíveis fósseis, sendo uma das fontes mais limpas. Sua comercialização global em larga escala é realizada há mais de 20 anos. Com a tecnologia bastante madura e, nos últimos anos, o mercado apresentou um crescimento estável, representando em 2018 uma participação de 5,2% da oferta global de energia (Lee e Chang, 2018).

Os parques eólicos *offshore* se referem a produção de energia elétrica a partir de turbinas instaladas sob uma superfície aquática. As primeiras ideias de turbinas *offshore* foram desenvolvidas na Alemanha por Hermann Honnef nos anos 1930. A opção *offshore* começou há cerca de uma década após o início da *onshore*. Por suas dimensões e maiores velocidade do vento, geralmente as turbinas eólicas *offshore* geram mais energia por hora do que as turbinas eólicas *onshore* (Pinto, 2012). Em relação aos principais componentes que estabelece um parque eólico *offshore*, Dantas (2023), demonstra que são necessários sete componentes principais: 1. Aerogeradores; 2. Torre meteorológica; 3. Cabos coletores, 4. Subestação *offshore*; 5. Transformador; 6. Cabos de exportação; 7. Subestação *onshore*.

De acordo com Teixeira e Da Silva (2021), no território brasileiro ainda não há nenhum parque eólico *offshore* em instalação ou em operação. No entanto, existem vários projetos em solicitações de licenciamento ambiental. Provavelmente, uma das possíveis causas para a falta de parques eólicos *offshore* no Brasil seja a falta de regulamentação específica. Em relação às áreas de exploração da União, que certamente serão as áreas nas

quais os parques eólicos *offshore* serão instalados, é estabelecido pela Lei Federal Nº 8.617, de 1993, que define os parâmetros da ZEE e da Plataforma Continental do Brasil.

Segundo a Lei Federal Nº 8.617, de 1993, a Zona Econômica Exclusiva estende-se até a distância máxima de 200 milhas marítimas medida a partir das linhas de base adotadas pelo o estado costeiro, o serve para medir a largura do mar territorial. Na ZEE, a União tem direitos de soberania para realizar atividades de exploração, conservação e gestão dos recursos naturais presentes nessas localizações. Além disso, podem ser realizadas atividades para fins econômicos, como a produção e geração de energia a partir da água, correntes marítimas, ventos e irradiação solar

Sobre a plataforma continental, a mesma Lei Federal Nº 8.617, de 1993, define que suas características são estabelecidas pelo o Artigo 76 da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, celebrada em 1982. Na área da plataforma continental brasileira, o país tem direito de soberania para a exploração e para gestão dos recursos naturais. A plataforma continental do Brasil se estende além do mar territorial, até o bordo exterior da margem continental, ou até uma distância de duzentas milhas marítimas, por meio a parit da linha base adotada pela a União, que também é utilizada para medir a largura do mar territorial.

Outro termo bastante difundida é o da “Amazônia Azul”, segundo a Marinha do Brasil (2019), essa é a região que compreende a superfície do mar, as águas sobrejacentes ao leito do mar, o solo e o subsolo marinhos contidos na extensão atlântica que se projeta a partir do litoral até o limite exterior da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental brasileira.

2.2 Critérios

Muitas vezes a seleção dos indicadores considerados nos trabalhos é impulsionada pela política energética global, bem como por resultados de pesquisas anteriores sobre a sustentabilidade dos sistemas de energia (Santoyo-Castelazo e Azapagic, 2014). Os critérios que na maioria das vezes são usados para avaliar sistemas de energias renováveis e sustentáveis podem ter impactos positivos e negativos nos problemas de tomada de decisão (Şengül *et al.* 2015).

Os critérios de avaliação para a pesquisa de Energias Renováveis podem ser divididos em quatro dimensões principais. A dimensão financeira refere-se a critérios relacionados aos custos (por exemplo, custo de investimento, custo fixo, variáveis referentes a custos com Operação e Manutenção, além de custos elétricos). A dimensão técnica refere-se à geração de energia (por exemplo, eficiência energética, maturidade técnica e capacidade instalada). A

dimensão ambiental refere-se aos impactos negativos para o meio ambiente (por exemplo, emissões de CO₂ e destruição do meio ambiente ecológico). E a dimensão social especifica a maximização do bem-estar social das pessoas (por exemplo, criação de empregos e benefícios sociais) (Lee e Chang, 2018). Muitos autores utilizam esses aspectos para classificar os critérios utilizados em seus trabalhos de análise de energias renováveis e localidade de instalação.

Em seu trabalho de avaliação de sustentabilidade de sistemas energéticos para o México, Santoyo-Castelazo e Azapagic (2014), utilizou os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Em seus critérios ambientais os autores utilizaram fatores como: o aquecimento global, redução abiótica, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade aquática de água doce, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática marinha, redução da camada de ozônio, criação fotoquímica de ozônio, poluição no verão e ecotoxicidade terrestre. Já nos critérios econômicos foram utilizados: custos de capitais, custos totais anualizados e custos nivelados de energia. E nos critérios sociais foram empregados: segurança e diversidade do abastecimento, aceitabilidade pública, saúde, segurança e questões intergeracionais.

Tsoutsos *et al.* (2009), dividiu seus critérios em dois aspectos os critérios técnico-econômicos e critérios ambientais e sociais. Os critérios utilizados foram: custos de investimentos, operações e manutenção; economia de combustíveis convencionais; manutenção e tecnologia; segurança do abastecimento; emissões de CO₂ evitados; contribuição para o desenvolvimento e bem-estar local; aceitação social e viabilidade dos efeitos ambientais remanescentes.

Strantzali e Aravossis (2016), em seu trabalho de revisão bibliográfica sobre a tomada de investimento em energia renovável, observou que o custo de investimento e as emissões de CO₂ são os primeiros em relação a todos os critérios. Tendo a “eficiência”, “capacidade instalada”, “custo de investimento”, “custo de operação e manutenção”, “emissões de CO₂”, “uso da terra”, “criação de empregos e “aceitabilidade social” são os critérios fundamentais para a decisão das partes interessadas.

Latinopoulos e Kachagia (2015), em seu trabalho de seleção de locais para a implantação de parques eólicos na Grécia listou os seguintes critérios de apoio a decisão: paisagens protegidas, sítios arqueológicos, sítios históricos, áreas urbanas e assentamentos tradicionais, instalações turísticas, distância das estradas, restrições de uso da terra, velocidade do vento, proximidade de aeroportos e inclinação.

Percebe-se que alguns autores gostam de classificar o conjuntos dos critérios para a seleção de fontes de energias renováveis ou para a seleção de localidade para a instalação dos

parques eólicos, ou de outras energias renováveis em alguns aspectos relevantes, como os quais foram demonstrado nesse trabalho, esses critérios são basicamente agrupados em 4 aspectos: técnico, econômico, ambiental e Social. Existe alguns critérios que são mais comuns suas aplicações em análise de modelagem como eficiência e capacidade instalada para os aspectos técnicos, a emissão de CO₂ e uso da terra para os aspectos ambientais. Já para os aspectos econômicos os critérios de custos de investimentos e custos de operações e manutenção são comuns de serem aplicados em outros trabalhos. Por fim, na área social uns dos critérios normalmente usados são criação de empregos e aceitação social. A seguir, a Tabela 1, com os critérios listados nesta seção.

Tabela 1 – Relação dos critérios listados na seção de “Critérios” da Fundamentação Teórica

Autor	Técnico	Econômico	Ambiental	Social
Lee e Chang, 2018	- Custo fixo; - Custos variáveis; - Custos de operação e manutenção; - Custo elétrico.	- Eficiência energética; - Maturidade técnica; - Capacidade instalada.	- Emissões de CO ₂ ; - Destruição do meio ambiente ecológico.	- Criação de empregos; - Benefícios sociais.
Santovo-Castelazo e Azapagic, 2014		- Custos de capitais; - Custos totais anualizados; - Custos nivelados de energia.	- Aquecimento global; - Redução abiótica; - Acidificação; - Eutrofização; - Ecotoxicidade aquática de água doce; - Toxidade humana; - Ecotoxicidade aquática marinha; - Redução da camada de ozônio; - Criação fotoquímica de ozônio; - Poluição no verão; - Ecotoxicidade terrestre.	- Segurança e diversidade do abastecimento; - Aceitabilidade pública; - Saúde; - Segurança; - Questões intergeracionais.
Tsoutsos <i>et al.</i> , 2009	- Custos de investimentos; - Custos de operações e manutenção; - Economia de combustíveis convencionais; - Manutenção; - Tecnologia; - Segurança do abastecimento.		- Emissões de CO ₂ evitados; - Viabilidade dos efeitos ambientais remanescentes.	- Contribuição para o desenvolvimento e bem-estar local; - Aceitação social.
Strantzali e Aravossis, 2016	-Eficiência; -Capacidade instalada.	- Custos de investimento; - Custo de operação e manutenção.	- Emissões de CO ₂ ; - Uso da terra.	- Criação de empregos; - Aceitabilidade social.
Latinopoulos e Kachagia, 2015	- Distância das estradas; - Velocidade do vento;		- Paisagens protegidas; - Sítios arqueológicos;	

	- Proximidade de aeroportos; - Inclinação		- Sítios históricos; - Áreas urbanas; - Assentamentos tradicionais; - Instalações turísticas; -Restrições de uso da terra.	
--	---	--	--	--

Fonte: Autoria própria (2024)

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa deste trabalho, busca fazer na primeira seção uma breve classificação metodológica sobre a pesquisa realizada e na segunda seção o procedimento da pesquisa, por meio das etapas de trabalho que serão seguidas para a obtenção dos resultados.

3.1 Classificação da pesquisa

A presente pesquisa se classifica como um trabalho de concepção metodológica dedutiva (Turrioni; Mello, 2012), pois realiza uma análise de revisão bibliográfica, identificando um banco de dados das pesquisas publicados na área de seleção de locais para implantação de parques eólicos, na qual foram selecionados os 10 artigos mais citados para serem avaliados os fatores que são utilizados nessas análises e com essas informações construir um *framework* de decisão. Em relação a natureza, o trabalho é uma pesquisa aplicada, pelo fato de construir um *framework* de decisão para a seleção de fatores para a escolha de locais para a implantação de parque eólicos *offshore*. A abordagem da pesquisa se caracteriza como quantitativa por quantificar os critérios e qualitativos ao qualificar tais fatores, sendo assim quantitativo-qualitativo. Isso é validado ao realizar as buscas de fatores na literatura através de um levantamento bibliográfico, onde esses fatores serão utilizados na elaboração de *framework* de tomada de decisão, para avaliar quais méritos deverão ser utilizados na implantação dos parques eólicos no mar.

Quanto aos objetivos da pesquisa, o trabalho mostra um formato explicativo (Turrioni; Mello, 2012), buscando identificar os critérios que serão utilizados e mostrar a relação que determinam ou contribuem para os resultados da pesquisa de análise multicritério para a implantação da energia eólica *offshore*. Por fim, em relação ao método de pesquisa, o trabalho se constitui em uma modelagem (Marconi; Lakatos, 2022), ao utilizar modelos de *framework* de decisão multicritério para aplicar e entender os fatores que contribuem para os resultados obtidos, e como os resultados respondem a mudanças de cenários e das ponderações dos critérios utilizados.

3.2 Procedimento de pesquisa

Na primeira etapa, realizou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), cuja análise permitiu identificar os trabalhos relacionados as áreas de energia eólica *offshore*. A análise bibliométrica utilizou como parâmetro o trabalho de Tranfeld *et al.* (2003), que divide a revisão sistemática da literatura em três partes: planejamento e revisão, elaboração da

revisão e divulgação de relatórios. A pesquisa bibliográfica utilizou o banco de dados da *Web of Science*, para buscar trabalhos relacionados ao tema de energia eólica *offshore*. Após as pesquisas, os trabalhos duplicados foram excluídos, em seguida, foram lidos os títulos e resumos, identificando artigos que estavam fora do escopo da pesquisa, os quais foram imediatamente excluídos. Por fim, todos os dados obtidos na análise bibliográfica, como quantidades de artigos, autores, palavras-chave, periódicos e nacionalidades, foram apresentados.

Na segunda etapa, foi realizado a leitura de 10 artigos completos, foi levado em consideração os artigos mais citados do banco de dados desenvolvida neste trabalho, além disso, muitos desses artigos avaliados também desenvolveram *frameworks* de decisões para os resultados de suas pesquisas, sendo assim, um dos fatores preponderantes para a escolha destes trabalhos para serem avaliados. Em relação a quantidade dos artigos lidos, esta foi influenciada pelo tempo reduzido para a elaboração desse trabalho. Em seguida, foi elaborado uma inferência, utilizando as sínteses dos 10 artigos lidos. Esses fatores foram caracterizados em critérios de análise e de restrições para a elaboração da inferência, dentre esses critérios foram levados em consideração os fatores ambientais, técnicos, sociais e econômicos.

A terceira etapa, foi realizada uma entrevista estruturada com respostas abertas com uma especialista no campo das eólicas *offshore*, com foco nas especialidades de inovação de produtos e processos em energias renováveis, especificamente na manutenção de turbina eólica *offshore*. A partir dessa entrevista, foi elaborada uma síntese para comparação com as sínteses dos artigos lidos e utilizado também como referência para a construção do *framework* de decisão.

A etapa seguinte, referente aos resultados e discursões, foi elaborado um *framework* de decisão com base nas sínteses dos trabalhos analisados e nas informações obtidas na entrevista com a especialista. Foram considerados os fatores utilizados nos trabalhos lidos e nas respostas da entrevista, com o objetivo de definir as etapas para a implementação de parques eólicos no mar, levando sempre em consideração a legislação brasileira aplicável a essa prática.

4. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Esta seção está dividida em três partes. A primeira etapa foi o planejamento e revisão dos assuntos que estão relacionados com o trabalho, a segunda etapa foi a elaboração da revisão que é relacionada a definição de parâmetros e filtragens dos trabalhos pesquisados, e na terceira ação serão demonstrados os resultados da análise bibliométrica.

4.1 Planejamento e revisão

No planejamento e revisão foi realizada um estudo preliminar do conteúdo do trabalho para poder entender mais sobre conceitos analisados pela pesquisa, além disso, para poder ter uma maior compreensão de como vários fatores se relacionam para a tomada de decisão e na elaboração desse tipo de empreendimento.

E é nesse momento que foram levantadas algumas questões como: Quais necessidades de pesquisas podem ser sanadas com esse tipo de revisão sistemática? Quais são os principais fatores e quais são suas características para a implantação de parques eólicos *offshore*? Qual a melhor forma na elaboração de um *framework* para esse tipo de problema? Quais os principais desafios futuros para a geração eólica *offshore*?

Para melhor entender as práticas na elaboração de *frameworks* nessa área, utilizou-se a revisão sistemática no intuito de pesquisar trabalhos que aplicaram pesquisas parecidas em vários lugares do mundo, e como os desafios presentes e futuros da área podem ser previstos e ser considerados na tomada de decisões.

4.2 Elaboração da revisão

Primeiramente, foram realizadas buscas no banco de dados *Web os Science*. Essas buscas utilizaram conjuntos de palavras-chave que pudessem abranger melhor a análise da geração de energia eólica *offshore*. Foi usada a condição lógica “AND” nas combinações de Palavras-chave para a realização da pesquisa, é importante observar, que essas combinações foram realizadas para identificar a quantidade máxima de trabalhos que são intimamente relacionados com essa pesquisa. Essas combinações foram usadas com termos da área de multicritério, justamente pelo fato de que trabalhos dessa natureza normalmente trazem os critérios específicos para a sua área de aplicação. Segundo Tranfeld (2003), uma busca sistemática inicia-se com a elaboração das palavras-chave e o revisor deve decidir da melhor forma as palavras pesquisadas mais apropriadas para o estudo. A seguir, a tabela 2, com os conjuntos de combinações de palavras-chave utilizadas para obtenção da base bibliométrica:

Tabela 2 – Combinações de palavras-chave

Combinações	Palavra-chave 1	Palavra-chave 2	Palavra-chave 3	Palavra-chave 4	Resultados obtidos
1	<i>Wind farm</i>	<i>Geographical Information Systems</i>	<i>Multiple Criteria</i>	<i>Offshore</i>	4 trabalhos encontrados
2	<i>Wind farm</i>	<i>Geographical Information Systems</i>	<i>Muilti-criteria</i>	<i>Offshore</i>	18 trabalhos encontrados
3	<i>Wind farm</i>	<i>Geographical Information Systems</i>	<i>Offshore</i>	-	38 trabalhos encontrados
4	<i>Wind farm</i>	<i>Mutiple criteria</i>	<i>Offshore</i>	-	43 trabalhos encontrados
5	<i>Wind farm</i>	<i>GIS-MCDA</i>	<i>Offshore</i>	-	1 trabalho encontrado
6	<i>Wind farm</i>	<i>GIS-MCDM</i>	<i>Offshore</i>	-	4 trabalhos encontrados

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a realização da revisão sistemática da literatura, foram definidos alguns filtros no intuito de manter a pesquisa de uma forma que não se desviasse do foco da pesquisa, além de buscar uma padronização. Os filtros utilizados foram:

- Artigos publicados em língua inglesa;
- Artigos publicados entre 2010 e julho de 2023, no intuito de garantir uma visão das perspectivas anteriores e presentes sobre o assunto, buscando analisar o máximo de artigos da área;
- Artigos e reviews publicados em revistas;
- Trabalhos de cunho teórico e aplicados que se relacionam com o uso de um modelo multicritério em alguma área de aplicação em parques eólicos *offshore*.
- Foram excluídos artigos que após leitura preliminar não apresentavam pesquisas e que não estavam relacionadas diretamente com o tema de parques eólicos *offshore*.

A busca dos artigos no banco de dados *Web of Science* resultou em um total de 108 trabalhos. Após a exclusão dos trabalhos duplicados a análise bibliográfica ficou 78 trabalhos. Além disso, 14 trabalhos de congressos foram excluídos, totalizando 64 trabalhos entre artigos e revisões. Por fim, foram excluídos mais 11 artigos após a leitura dos títulos, resumos e partes do texto, pois ficou evidente que esses trabalhos não se enquadravam no cerne do problema desta pesquisa. Isso resultou em um total de 53 artigos e revisões restantes. Para a organização e análises dos artigos na base de dados, utilizou-se o *Software Microsoft Excel*, aproveitando as ferramentas de tratamento de dados, como a remoção de duplicações e o uso

dos filtros do próprio *software*. A tabela a seguir apresenta os resultados dos artigos encontrados e dos artigos removidos da análise bibliométrica.

Tabela 3 – Remoção dos artigos que não se enquadra nos parâmetros estabelecidos na pesquisa

Atividades	Web of Science
Busca na base de Dados <i>Web os Science</i>	108
Remoção das Duplicatas	-30
Remoção dos trabalhos de Conferências e Congressos	-14
Remoção após leitura de Título, Resumo e partes do texto	-11
Trabalhos Restantes	53

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Resultados da Análise Bibliométrica

Após as remoções dos artigos duplicados e dos que não se enquadravam nos parâmetros dessa pesquisa, foi realizada a análise dos conteúdos, com o intuito de extrair dados importantes na perspectiva de entender melhor sobre as ações de pesquisa na área de parques eólicos *offshore*. Para análise e tratamento de dados, foram utilizados o *software Microsoft Excel* e a linguagem de programação *python* esses programas foram utilizados na manipulação dos dados, transformando dados qualitativos em quantitativos. Os parâmetros analisados foram: autores principais; coautores; autores em geral; datas das publicações dos artigos; palavras-chave; palavras-chave extras; periódicos nos quais os trabalhos foram publicados; áreas do conhecimento; e publicações em relação ao país de origem.

4.3.1 Autores Principais

As análises dos autores principais foram realizadas no intuito de entender quantos autores principais fizeram mais de um trabalho nessa situação, se esse padrão é frequente e entender quantos autores principais houve. A tabela 4, mostra o ranking dos autores principais que mais publicaram e quais foram suas frequências. Foi observado que o autor mais frequente foi o Diaz. H que possui quatro artigos como autor principal, foi observado também que Vagiona. DG, Wu. YN e Zhu. WJ apresentam dois artigos como autor principais. Os outros autores principais na análise bibliográfica só possuem um artigo.

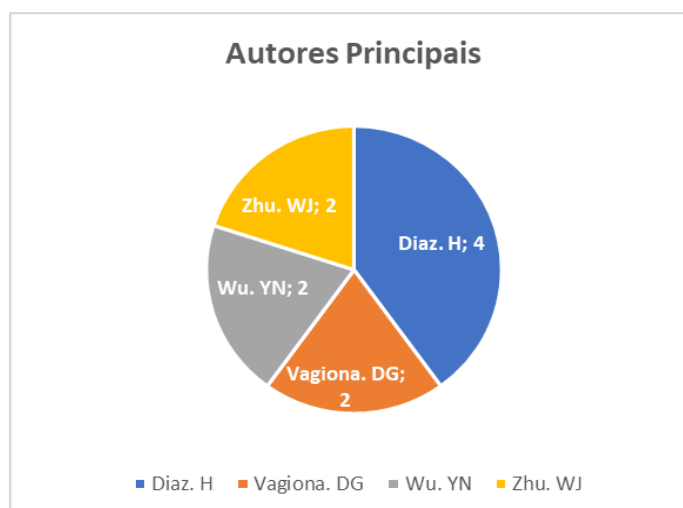
Tabela 4 – Ranking dos autores principais que mais publicaram

Autores Principais	Frequência	Porcentagem	Filiação	Nacionalidade
Diaz. H	4	8%	CENTEC Universidade de Lisboa	Portugal
Vagiona. DG	2	4%	Universidade Aristóteles de Salónica	Grécia
Wu. YN	2	4%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Zhu. WJ	2	4%	Universidade Politécnica do Noroeste	China
Outros	43	80%		
Total	53	100%		

Fonte: Autoria própria (2023)

Percebe-se que apenas quatro autores publicaram trabalhos como autores principais mais de uma vez, ou seja, poucos autores publicaram trabalhos como autor principal mais de uma vez. A base bibliográfica analisada apresenta 47 autores principais dos trabalhos analisados. O autor que mais publicou foi Diaz. H com quatro publicações, sendo um publicado em 2020, outro em 2021 e dois artigos em 2022, seguidos por Vagiona. DG com duas publicações uma em 2012 e outra em 2018, Wu. YN publicou um artigo em 2019 e outro em 2020 e Zhu. WJ publicou um dos seus artigos em 2016 e o outro em 2019, todas as publicações como autores principais de trabalhos na área de energia eólica *offshore* na seleção de locais para instalar parques. O Gráfico 1 demonstra visualmente o resultado da tabela 1 sobre os autores principais que publicaram mais de um trabalho sobre o tema.

Gráfico 1 – Autores principais



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.2 Coautores

A análise dos coautores também foi realizada, foi possível verificar quantos coautores existem na base de dados, quantos autores publicaram mais de um trabalho nessa situação e se existem um padrão de coautores publicarem em mais de um trabalho da base bibliográfica analisada. A tabela 5, relata o ranking dos coautores mais frequentes na base de dados.

Tabela 5 – Ranking dos coautores mais frequentes na base bibliográfica

Coautores	Frequência	Porcentagem	Filiação	Nacionalidade
Soares. CG	4	2,7%	CENTEC Universidade de Lisboa	Portugal
Vagiona. DG	2	1,4%	Universidade Aristóteles de Salónica	Grécia
Wang. J	2	1,4%	Universidade de Jonh Moores de Liverpool	Inglaterra
Loukogeorgaki. E	2	1,4%	Universidade Aristóteles de Salónica	Grécia
Xu. CB	2	1,4%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Zhang. BY	2	1,4%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Outros	134	90,3%		
Total	148	100%		

Fonte: Autoria própria (2023)

Apenas seis coautores estão presente em mais de um trabalho na base de dados analisada, percebe-se que Vagiona. DG realizou dois trabalhos como autor principal e dois como coautor. Os coautores mais frequentes foram Soares. CG com quatro trabalhos, já Vagiona. DG, Wang. J, Loukogeorgaki. E, Xu. CB e Zhang. By, realizou cada um com dois trabalhos publicados como coautor. A análise demonstrou que nessa base bibliográfica apresentam 140 coautores.

4.3.3 Autores

Na análise de autores, foram avaliados todos autores principais e coautores dos trabalhos avaliados. Em outras palavras, foi realizado um levantamento de todos os autores

principais e coautores dos trabalhos analisados em conjunto. Na análise, houve 11 autores que apareceram em mais um trabalho na base bibliográfica, no total constam 184 autores cadastrados na base de dados, desses autores Dias. H, Vagiona. DG e Soares. CG publicaram quatro artigos, outros oito autores publicaram dois trabalhos cada um. Na tabela 6 apresentam o ranking dos autores que publicaram mais de um artigo.

Tabela 6 – Autores que mais apresentam trabalhos na base bibliográfica

Autores	Frequência	Porcentagem	Filiação	Nacionalidade
Diaz, H	4	2%	CENTEC Universidade de Lisboa	Portugal
Vagiona, DG	4	2%	Universidade Aristóteles de Salónica	Grécia
Soares, CG	4	2%	CENTEC Universidade de Lisboa	Portugal
Bahaj, AS	2	1%	Universidade de Southampton	Inglaterra
Wu, YN	2	1%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Loughney, S	2	1%	Universidade de Jonh Moore de Liverpool	Inglaterra
Zhu, WJ	2	1%	Universidade Politécnica do Noroeste	China
Wang, J	2	1%	Universidade de Jonh Moore de Liverpool	Inglaterra
Loukogeorgaki, E	2	1%	Universidade Aristóteles de Salónica	Grécia
Xu, CB	2	1%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Zhang, BY	2	1%	Universidade de Energia Elétrica do Norte da China	China
Outros	173	86%		
Total	201	100%		

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.4 Datas das Publicações

As publicações da base bibliográfica abrangem o período de 2010 a julho de 2023, percebe-se que a maioria dos artigos são de anos mais recentes, no ano de 2019 existe um aumento de publicações dessa natureza com aplicação em energia eólica *offshore*. Os anos com mais publicações foram 2019 com 10 publicações, em seguida vem 2020 e 2021 com 9 publicações cada um. O Gráfico 2, demonstra quantos artigos foram publicados no período de 2010 a 2023.

Gráfico 2 – Ano de publicação



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.5 Palavras-chave

A análise das palavras-chave busca apresentar um panorama das áreas de conhecimento no qual os artigos estão inseridos na base de dados, pela frequência das palavras-chave pode-se perceber quais são as áreas que são mais exploradas. As palavras-chave mais comuns coletados nos artigos da base bibliográfica foram: *Site Selection*; *Offshore Wind*; *GIS*; *Renewable Energy*; e *Offshore Wind Farm*. No total, foram identificadas 231 palavras-chave diferentes. A palavra-chave “*Site Selection*” apareceu 11 vezes, seguido de “*Offshore wind*” que apareceu 6, isso mostra que a Revisão Sistemática Literária está em concordância com os objetivos desse Trabalho de Conclusão de Curso. A tabela 6, demonstra as palavras-chave mais recorrente.

Tabela 7 – Palavras-chave

Palavras-chave	Frequência	Porcentagem
<i>Site selection</i>	11	3,8%
<i>Offshore wind</i>	6	2,0%
<i>Gis</i>	5	1,7%
<i>Renewable energy</i>	5	1,7%
<i>Offshore wind farm</i>	5	1,7%
<i>Offshore wind energy</i>	4	1,4%
<i>Analytical hierarchy process</i>	4	1,4%
<i>Geographical information systems</i>	4	1,4%
<i>Mcdm</i>	4	1,4%
<i>Suitability maps</i>	3	1,0%
<i>Analytic hierarchy process</i>	3	1,0%
<i>Wind energy</i>	3	1,0%

<i>Offshore wind farm siting</i>	2	0,7%
<i>Canary islands</i>	2	0,7%
<i>Multi-criteria selection</i>	2	0,7%
<i>Offshore wind energy potential</i>	2	0,7%
<i>Offshore wind turbine</i>	2	0,7%
<i>Wind turbine</i>	2	0,7%
<i>Marine renewable energy</i>	2	0,7%
<i>Offshore wind farms</i>	2	0,7%
<i>Floating wind farm</i>	2	0,7%
<i>Geographical information system (gis)</i>	2	0,7%
<i>Simulation</i>	2	0,7%
<i>Failure modes</i>	2	0,7%
<i>Mcdm</i>	2	0,7%
<i>Multi-criteria decision making</i>	2	0,7%
<i>Geographical information systems (gis)</i>	2	0,7%
<i>Aegean sea</i>	2	0,7%
<i>Greece</i>	2	0,7%
Outros	202	68,6%
Total	293	100%

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.6 Palavras-chave extras

Alguns artigos trazem palavras-chave extras, a análise bibliométrica desse trabalho também analisou seus termos mais frequentes. Essas palavras-chave extras servem para mostrar uma maior abrangência das áreas do conhecimento apresentados nos trabalhos publicados. No total, foram identificadas 179 palavras-chaves diferentes. As palavras extras mais frequentes foram “GIS” com 11 repetições, “*Analytic Hierarchy Process*” e “*Energy*” com 10 repetições cada uma, outras palavras-chaves que apareceram foram “*Site Selection*” e “*Power*” com 9 repetições. Na tabela 8, demonstras as palavras-chave extras mais frequentes nos artigos da base analisada.

Tabela 8 – Palavras-chave extra

Palavras-chave Extras	Frequência	Porcentagem
<i>Gis</i>	11	3,6%
<i>Analytic hierarchy process</i>	10	3,2%
<i>Energy</i>	10	3,2%
<i>Site selection</i>	9	2,9%
<i>Power</i>	9	2,9%
<i>Model</i>	8	2,6%
<i>System</i>	7	2,3%
<i>Decision-making</i>	6	1,9%

<i>Farm</i>	6	1,9%
<i>Cost</i>	6	1,9%
<i>Optimization</i>	4	1,3%
<i>Turbines</i>	4	1,3%
<i>China</i>	4	1,3%
<i>Farm site selection</i>	3	1,0%
<i>Decision-support-system</i>	3	1,0%
<i>Renewable energy</i>	3	1,0%
<i>Offshore wind farms</i>	3	1,0%
<i>Multicriteria evaluation</i>	3	1,0%
<i>Management</i>	3	1,0%
<i>Offshore wind</i>	3	1,0%
<i>Farms</i>	3	1,0%
<i>Sea</i>	3	1,0%
<i>Resource</i>	3	1,0%
<i>Feasibility</i>	3	1,0%
<i>Systems</i>	3	1,0%
Outros	178	57,7%
Total	308	100%

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.7 Periódicos com Trabalhos Publicados

Os artigos da análise da Revisão Sistemática da Literatura também foram categorizados pelos periódicos nos quais foram publicados, no total 36 periódicos diferentes nas quais os artigos foram publicados. O periódico que mais houve publicações na área foi a revista “*Renewable Energy*” com 7 publicações, seguidos por “*Energies*”, “*Ocean Engineering*”, “*Renewable & Sustainable Energy Reviews*” e “*Sustainable Energy Technologies and Assessments*”. A Tabela 9, demonstra quais são os principais periódicos nos quais os artigos foram publicados. Já o quadro 1, relata de forma resumida, os principais objetivos dos principais periódicos na qual os artigos foram publicados.

Tabela 9 – Periódicos com trabalhos publicados

Periódicos	Contador	Porcentagem	Fator de Impacto
<i>Renewable energy</i>	7	13%	8.7
<i>Energies</i>	3	6%	3.2
<i>Ocean engineering</i>	3	6%	5
<i>Renewable & sustainable energy reviews</i>	3	6%	15.9
<i>Sustainable energy technologies and assessments</i>	3	6%	8
<i>Sustainability</i>	2	4%	3.9
<i>Energy policy</i>	2	4%	9

<i>Reliability engineering & system safety</i>	2	4%	8.1
Outros	28	51%	
Total	53	100%	

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 1 – Objetivo dos principais periódicos dos trabalhos publicados

Periódicos	Objetivos
<i>Renewable energy</i>	Tem como objetivo a publicação de trabalhos de conhecimentos de diversos temas, principalmente na área de tecnologias de sistemas e componentes de energias renováveis.
<i>Energies</i>	O objetivo das publicações deste periódico é de trazer trabalhos relacionados ao uso e desenvolvimento de tecnologias, bem como políticas de engenharia e gestão relacionadas ao campo das energias.
<i>Ocean engineering</i>	O objetivo deste periódico é focado em publicações de trabalhos originais na área de engenharia oceânica. Os principais tópicos abordados pela revista são: Engenharia Oceânica, Arquitetura Naval, Engenharia Polar e Ártica, Controle Automáticos de Sistemas Marítimos, entre outros.
<i>Renewable & sustainable energy reviews</i>	O periódico aborda trabalhos relevantes em energia renovável e sustentável, compartilhando problemas, soluções e tecnologias relacionadas com o desenvolvimento sustentável e para a transição de um futuro de baixo carbono.
<i>Sustainable energy technologies and assessments</i>	As publicações desta revista estão relacionadas com trabalhos de aspectos e escalas de tecnologias que melhorem a eficiência da geração e utilização de energias.
<i>Sustainability</i>	É um periódico de acesso aberto que em suas publicações abordam sustentabilidade ambiental, cultural, econômica e social dos seres humanos.
<i>Energy policy</i>	A revista tem por objetivo abordar as implicações políticas em relação ao fornecimento e uso de energia partir de aspectos ambientais, sociais, econômicos e de planejamento.
<i>Reliability engineering & system safety</i>	É uma revista focada no desenvolvimento e aplicação de métodos para aprimoramento da segurança e confiabilidade de sistemas tecnológicos e complexos, como sistemas <i>offshore</i> e marítimos, usinas nucleares, instalações de resíduos perigosos, entre outros.

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.8 Áreas do Conhecimento

Os trabalhos também foram categorizados pelas áreas do conhecimento, ou seja, as áreas do conhecimento buscam demonstrar qual é o panorama do conhecimento no qual os trabalhos estudados abrangem. No total foram vinte e uma áreas do conhecimento contempladas. As áreas mais recorrentes são as de “*Energy & Fuels*”, “*Science & Technology – Other Topics*” e “*Engineering*”. A Tabela 10, demonstra todas as áreas do conhecimento dos trabalhos da base analisada.

Tabela 10 – Áreas do Conhecimento

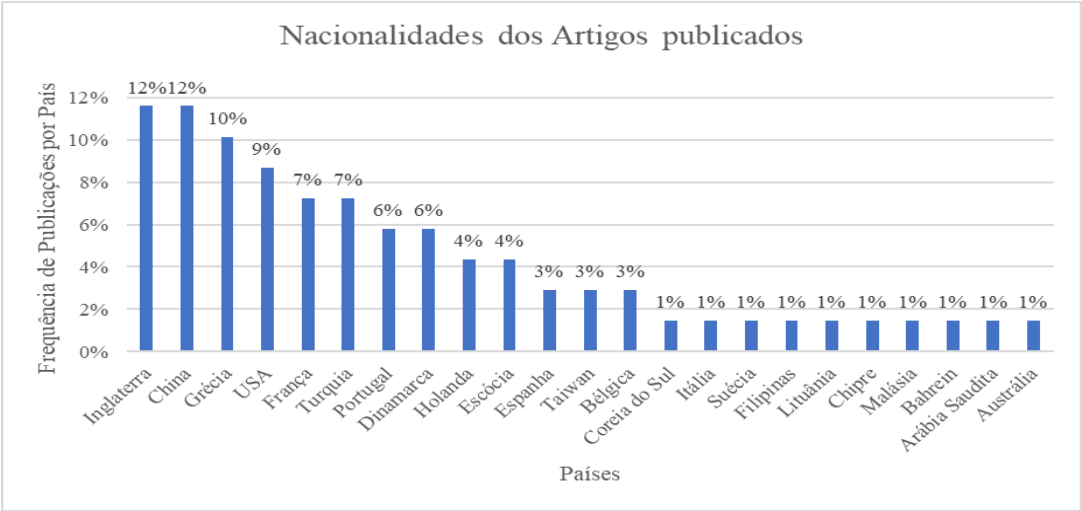
Áreas do Conhecimento	Frequência	Porcentagem
<i>Energy & Fuels</i>	24	24%
<i>Science & Technology - Other Topics</i>	18	18%
<i>Engineering</i>	18	18%
<i>Environmental Sciences & Ecology</i>	8	8%
<i>Oceanography</i>	6	6%
<i>Computer Science</i>	5	5%
<i>Business & Economics</i>	3	3%
<i>Operations Research & Management Science</i>	3	3%
<i>Thermodynamics</i>	2	2%
<i>Geology</i>	2	2%
<i>Geography</i>	1	1%
<i>Chemistry</i>	1	1%
<i>Acoustics</i>	1	1%
<i>Physical Geography</i>	1	1%
<i>International Relations</i>	1	1%
<i>Water Resources</i>	1	1%
<i>Audiology & Speech-Language Pathology</i>	1	1%
<i>Remote Sensing</i>	1	1%
<i>Mechanics</i>	1	1%
<i>Materials Science</i>	1	1%
<i>Physics</i>	1	1%
Total	100	100%

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.9 Nacionalidades de Origem das Publicações

Por último, foi conduzida a análise das origens dos autores e coautores dos artigos. Alguns artigos apresentaram autores e coautores de um mesmo país, enquanto em outros casos os autores e coautores estavam distribuídos por mais de um país. Nessas instâncias, a pesquisa considerou que o artigo possuía múltiplas origens nacionais. Os artigos foram mapeados como se estivessem em 23 países diferentes. Os países que detêm mais artigos publicados na área foram a Inglaterra e a China, cada uma com 8 publicações, em terceiro foi a Grécia com 7 publicações e enquanto os Estados Unidos da América com 6 publicações. No Gráfico 3, pode ser observados os países que publicaram trabalhos na área e sua porcentagem de frequência.

Gráfico 3 – Países que publicaram trabalhos na área



Fonte: Autoria própria (2023)

5. INFERÊNCIA DOS ARTIGOS

A inferência foi construída realizando a leitura dos dez artigos mais citados da base bibliográfica analisada. Muitos desses artigos apresentam características parecida a dessa pesquisa, inclusive a criação de *frameworks* de decisão. Um ponto que influenciou na quantidade de artigos analisados foi o tempo reduzido para a elaboração dessa pesquisa. Para a criação da inferência foi realizado o resumo da aplicação e do modelo multicritério utilizado nos trabalhos pesquisados. Foram caracterizados os fatores de análise de cada trabalho e fatores de exclusão, caso o trabalho houvesse tais fatores. A inferência tenta demonstrar um resumo objetivo das principais pretensões realizadas pelos pesquisadores, quais métodos e critérios utilizados. Os resultados da Inferência podem ser observados no Quadro 2:

Quadro 2 – Inferência dos artigos estudados

Título	Aplicação e modelo utilizado	Critérios de Avaliação	Critérios de Restrição	Aplicação de <i>Framework</i>
<i>California offshore wind energy potential</i> Autor: DVORAK, Michael J. et al. Ano: 2010	O trabalho busca se concentrar na seleção e desenvolvimento de projetos de energia eólica <i>offshore</i> na costa leste dos EUA, especificamente no estado da Califórnia. A região foi escolhida devido à disponibilidade de áreas adequadas para a implantação desses parques e pela demanda elétrica urbana concentrada na faixa da costa leste dos EUA. Já o modelo utilizado na aplicação é o <i>Mesoscale Model versão 5 (MM5)</i> do Centro Nacional de Pesquisas Atmosférica do Estado da Pensilvânia. Esse modelo foi escolhido para estimar ventos <i>offshore in loco</i> e que apresentam dados limitados. O <i>MM5</i> consegue fornecer campos eólicos de alta resolução espacial e temporal, dados esses cruciais para a avaliação de recursos eólicos <i>offshore</i>. O modelo foi configurado com esquemas específicos para a camada limite planetária, parametrização dos <i>cumulonimbus</i> e umidade. O modelo foi executado por diferentes períodos como meses e anos para que fosse possível calcular as velocidades médias sazonais e anuais do vento, além da densidade média da potência dos recursos eólicos locais. A validação do trabalho foi realizada comparando os resultados obtidos pelo <i>MM5</i> com as velocidades do vento de superfície obtidas de anemômetros montados em boias oceânicas. A comparação mostrou uma concordância excelente entre os ventos do <i>MM5</i> e os dados das boias <i>in loco</i>.	- Profundidade da água; - Velocidade média dos ventos (80 m); - Desenvolvimento de turbinas eólicas; - Linhas de transmissão.	- Rotas marítimas; - Rotas de voo de aves; - Zonas militares.	Não realizou aplicação de <i>framework</i> dentro do trabalho.
<i>A review of multi-criteria decision making applications for renewable energy site selection</i> Autor: SHAO, Meng et al. Ano 2020	O trabalho traz um review de vários métodos usados para normalizar critérios quantitativos e qualitativos em processos de seleção de locais para a implantação de geração de energias renováveis. O trabalho demonstra que a determinação do método de normalização depende da aplicação do <i>GIS</i>, da teoria difusa e da natureza dos critérios. A escala de seleção do local e a natureza dos critérios precisam ser criteriosamente considerados antes de escolher um método de normalização. O artigo relata que um dos métodos mais utilizados para a seleção de locais para a geração de energia eólica é o método <i>MCDM TOPSIS</i>, sendo aplicado para avaliar alternativas com base em sua distância entre a solução ideal positiva e a solução ideal negativa. O trabalho mostra que as pesquisas que utilizaram o <i>GIS</i> para a seleção de lugares em grande escala para implantação de energias renováveis, explorou o uso da reclassificação e da função de associação difusa como	- Velocidade do vento; - Densidade de potência medida de energia eólica; - Altura da onda; - Distância da costa; - Profundidade da água; - Proximidade da rede de transmissão de energia; - Distância dos portos; - Investimentos; - Custos de operação e manutenção; - Impacto ambiental; - Densidade de envio (rotas marítimas);	- Áreas de reserva natural; - Profundidade da água; - Áreas militares; - Distância da costa; - Rotas marítimas; - Velocidade do vento.	Não realizou aplicação de <i>framework</i> dentro do trabalho.

	os métodos de normalização mais comumente usados. Já para a seleção de locais em pequena escala e sem <i>GIS</i> , a pontuação dos especialistas, as variáveis linguísticas e a teoria difusa são as comumente consideradas.	- Criação de empregos; - Melhora no ambiente na qual as pessoas vivem; - Clima com neblina.		
<i>GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece</i> Autor: VASILEIOU, Margarita et al. Ano: 2017	O artigo aborda o potencial de uma implantação de um sistema de energia eólica e das ondas <i>offshore</i> (<i>HOWiWaES</i>), aplicando o método de Processo Hierárquico Analítico (<i>AHP</i>) integrado com um <i>GIS</i> no processo de seleção de locais para a implantação deste sistema híbrido. Para a aplicação do <i>AHP</i> foi utilizada a comparação de pares de critérios de decisão para quantificar suas vantagens relativas. Uma escala fundamental de nove pontos foi usada para quantificar a dominância de uma opção sobre as outras. Para apoiar a implementação do <i>AHP</i>, foi utilizado o pacote de <i>software Expert Choice</i>. O uso do <i>software</i> facilita o cálculo do autovalor máximo e do valor do índice aleatório, que são usados para avaliar a consistência das comparações de pares.	- Velocidade do vento; - Potência de energias das ondas; - Profundidade da água; - Distância da costa; - Conexão à rede elétrica; - População atendida; - Densidade de envio (rotas marítimas); - Distância dos portos.	- Áreas de exercício Militar; - Áreas para licenciamento de pesquisa e exploração de hidrocarbonetos; - Áreas onde estão previstos ou tenham sido instalados Projetos de energias renováveis offshore; - Áreas marinhas protegidas; - Velocidade do vento (10 m) < 6 m/s; - Potência de energias das ondas <5 KW/m; - Profundidade da água > 500 m; - Distância da costa < 25 km.	O trabalho desenvolveu um <i>framework</i> com o intuito de identificar as áreas marinhas mais adequadas para a implantação do sistema de energia eólica e das ondas <i>offshore</i> . O <i>framework</i> utiliza uma combinação de métodos de tomada de decisão multicritérios e de Sistema de Informação Geográfica (<i>GIS</i>).
<i>Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt</i> Autores: MAHDY, Mostafa e BAHAJ, AbuBakr S. Ano: 2018	O artigo tem o propósito de aplicar uma nova metodologia para a exploração de energia eólica <i>offshore</i> em locais globais. O método foi aplicado no mar do Egito, que busca aumentar suas capacidades de geração de energia renováveis. Se concentrando no planejamento espacial de parque eólicos e na localização de turbinas usando métodos <i>MCDA</i> baseados em <i>GIS</i>. O trabalho utiliza processos hierárquicos analíticos (<i>AHP</i>), utilizando os métodos de comparação Pareada e Combinação Linear Pareada (<i>WLC</i>). Uma matriz de pontuação é utilizada para padronizar diferentes critérios e calcular a adequação para parques eólicos. Com as comparações de pares sendo usadas para ponderar as notas dos critérios, agregando os critérios com objetivos de produzir mapas de adequação. Com a comparação pareada sendo usado para ponderar os diferentes fatores usados para comparar as alternativas nos lugares analisados por	- Batimetria, com profundidades entre 5 a 60 m; - Propriedade do solo; - Intensidade do vento (potência), com valores entre 850 w/m²; - Distância até a costa, com distância entre 1,5 e 200 km até a costa; - Distância até a rede elétrica.	- Rotas navais; - Zonas militares; - Parques naturais; - Cabos e oleodutos; - Zonas de Pesca; - Zonas de Extração de Petróleo e Gás.	Não realizou aplicação de <i>framework</i> dentro do trabalho.

	um GIS, e o WLC é o estágio final do AHP para avaliar as alternativas existente. Sendo a matriz de comparação de pares utilizada para avaliar a importância relativa dos fatores.			
<i>A web-based participatory GIS (PGIS) for offshore wind farm suitability within Lake Erie, Ohio</i> Autores: MEKONNEN, Addisu D. e GORSEVSKI, Pece V. Ano: 2015	O trabalho é realizado em um estudo de caso hipotético no Lago Erie, no norte de Ohio nos EUA, destinado para análise de adequação de energia eólica offshore. O método utilizado foi um Sistema de Informação Geográfica Participativa (PGIS) baseado na web para análise de adequação do estudo. Sendo um aplicativo que fornece uma interface simples para usuários de GIS não experientes. O protótipo consiste em três componentes principais: sendo um fórum de discussão, uma ferramenta de mapeamento e uma ferramenta de decisão. O modelo usa um processo espacial de MCDA, com o intuito de avaliar diferentes alternativas espaciais com bases nos critérios selecionados. O método de agregação Borda é implementado para calcular as pontuações das alternativas. O método de borda atribui pontuações a cada alternativa com base em sua posição na lista classificada de preferências. Onde a alternativa com maior pontuação total é considerada a mais importante.	- Densidade populacional; - Habitat de aves; - Esforço de pesca comercial; - Distância da costa; - Habitat de peixes; - Hidrovias navegáveis; - Esforço de pesca esportiva; - Utilitários e distância para as linhas de transmissão elétrica e serviços públicos.		O <i>framework</i> proposto é a elaboração de GIS participativo baseado na <i>web</i> para classificar alternativas de decisão associadas à seleção de locais para parques eólicos offshore, incluindo módulos que incluem visualização por meio de mapeamento, fórum de discussões para colaborações dos usuários e um módulo de votação para fins de tomada de decisão em um ambiente assíncrono e distribuído.
<i>A state-of-the-art review on multi-attribute renewable energy decision making</i> Autor: ILBAHAR, Esra et al. Ano: 2019	O trabalho é uma análise bibliográfica de aproximadamente 150 trabalhos relacionados com o uso de métodos de tomada de decisão multiatributos (MADM), focando em aplicações de energias renováveis em geral. Nesse trabalho também foram levados em conta a avaliação de localizações de instalações de energias renováveis, tanto em condições onshore, como também em offshore. A pesquisa demonstra que os MADM mais utilizados para a avaliação da localização de instalações de Energias renováveis foram: AHP, ELECTRE, TOPSIS, ANP, VIKOR e DEMATEL. O AHP difuso foi empregado para determinar os pesos dos critérios usados no processo de seleção de localização. Já o TOPSIS difuso foi adotado para classificar locais alternativos com base em seu desempenho geral.	- Inclinação; - Distância das estradas; - Distância da rede elétrica; - Uso da terra / área; - Problema de ruído.		Não realizou aplicação de <i>framework</i> dentro do trabalho.
<i>Multi-criteria selection of offshore wind farms: Case study for the Baltic States</i> Autor: CHAOUACHI, Aymen et al. Ano: 2017	O artigo foca em uma abordagem de seleção multicritério para avaliar locais eólicos offshore para os três estados bálticos (Estônia, Letônia e Lituânia). O quadro da seleção do local ideal leva em consideração os aspectos de segurança operacional da rede elétrica, o investimento econômico, os custos de operações e o desempenho da capacidade relativos a cada local potencial. O método utilizado para a seleção do local foi através do método do	- Critério de congestionamento da rede elétrica; - Critério de volatilidade do vento; - Critério de Fator de Capacidade;		O <i>framework</i> é utilizado para a seleção de locais para a implantação de parque eólicos offshore para os três países Bálticos. O <i>framework</i> é baseado em um estudo de caso temporal para

	<i>AHP</i>, com uma flexibilidade herdada que permiti aos tomadores de decisão final ajustar os benefícios esperados de acordo com as suas respectivas prioridades globais. O método <i>AHP</i> proposto no artigo envolveu a identificação de objetivos e subobjetivos, que refletem as principais métricas de desempenho de cada projeto candidato. As ponderações alocadas a cada subobjetivo são determinadas por meio de avaliações em pares, considerando suas respectivas importâncias para os valores buscados pelas partes interessadas. O modelo permitiu a flexibilização na inclusão ou exclusão de critérios e objetivos para refletir características específicas das regiões geográficas ou das estruturas regulatórias avaliadas, permitindo avaliações de locais eólicos sob diferentes sensibilidades.	- Critério de Correlação entre a disponibilidade de geração de energia eólica e a demanda de aço; - Critério de investimento, estão relacionados dos custos diretos que cobrem os custos específicos suportado pelos os investidores; - Critério de equilíbrio, está relacionado com os custos necessários para manter o equilíbrio entre demanda e oferta.		o ano de 2020, buscando dados reais sobre as atualizações da rede elétrica e reforços já previstos para acontecer. O <i>framework</i> busca propor aspectos de segurança operacional da rede elétrica, os investimentos econômicos, os custos de operação e sobre o desempenho das capacidades relativas encontradas em cada local potencial.
<i>A decision framework of offshore wind power station site selection using a PROMETHEE method under intuitionistic fuzzy environment: A case in China</i> Autor: WU, Yunna et al. Ano: 2020	O trabalho tem como foco o de fornecer um suporte teórico e metodológico para a tomada de decisão de seleção de locais para implantação de parques eólicos <i>offshore</i> sobre as condições da China. Foram considerados seis fatores como: recursos eólicos, construção, econômico, ambiente, sociedade e risco. Com o objetivo de aplicar métodos <i>MCDM</i> para tomar decisões informadas em sistemas de índices complexos. Para o trabalho foi estabelecido um <i>framework</i> de decisão para seleção de locais para a instalação de parques eólicos <i>offshore</i> por meio de um modelo que combinou um ambiente difuso intuicionistas triangular (<i>TIFN's</i>), um Processo de Rede Analítica (<i>ANP</i>) E um Método de Organização de Classificação de Preferência para Avaliações de Enriquecimento (<i>PROMETHEE</i>).	- Velocidade do vento; - Densidade de energia eólica; - Horas efetivas de vento; - Cisalhamento do vento; - Capacidade; - Condições de tráfego; - Topografia submarina; - Custo de construção; - Período de retorno; - Custo de operação e manutenção; - Lucro; - Coordenação da vida marinha; - Coordenação de aves; - Benefícios de redução de emissões poluentes; - Aceitação pública; - Emprego; - Risco de políticas; - Clima externo.	- Áreas de Exercícios Militares (<i>MEA</i>); - Áreas Marinhas Protegidas (<i>AMP's</i>); - Áreas de Operação Marinha (<i>MOA</i>).	
<i>Optimal location selection for offshore wind-PV-</i>	O trabalho propõe um estudo de caso para selecionar um local para a implantação de um sistema híbrido de geração de energia renovável	- Horas efetivas de vento; - Dias de sol;	- Relação comprimento – altura entre o	Foi aplicado um <i>framework</i> em dois estágios para a

seawater pumped storage power plant using a hybrid MCDM approach: A two-stage framework Autor: WU, Yunna et al. Ano: 2019	<i>offshore</i>, formado pela geração fotovoltaica, eólica e usina de bombeamento e armazenamento de água do mar. O estudo de caso é realizado na China e o resultado obtido mostra que a <i>Baía Qingtin</i> em <i>Zou Shan</i> é a melhor opção. Tendo como objetivo propor um sistema de critérios para avaliar tais projetos na China. O sistema de critérios visa entender às preferências dos investidores e, ao mesmo tempo, considerar as metas de desenvolvimento sustentável. A tomada de decisão é realizada com método de multicritério difuso proposto em duas etapas. Na primeira etapa, são estabelecidos dois conjuntos de sistemas de critérios, sendo esses critérios de veto e critérios de recursos e desenvolvimento sustentável, esses sistemas são descritos por números difuso intuicionistas triangulares (<i>TIFN</i>'s). Em seguida, as alternativas são escolhidas preliminarmente através da identificação do veto. Por fim, os pesos dos critérios da segunda etapa de avaliação são determinados pelo método de entropia são incorporados pela Tomada de Decisão Interativa e de Múltiplos Atributos (<i>TODIM</i>) para classificar potenciais objetivos do sistema híbrido. Outro método utilizado foi o <i>Delphi</i>, junto a regra da minoria subordinada à maioria, na qual foi usada pelo grupo de especialistas para selecionar os critérios mais apropriados para a avaliação.	- Velocidade do reservatório (usina de bombeamento); - Capacidade instalada (usina de bombeamento); - Distância até a rede elétrica; - Área; - Investimento estático; - Custo de operação e manutenção; - Período de retorno dinâmico; - Retorno da Taxa Interna Financeira (TIR); - Precipitação média de chuva; - Atividade Sísmica; - Corrosão ecológica; - Redução das emissões de carbono; - Demanda de eletricidade; - Atitude de população local; - Apoio político; -Melhoria da economia; - Emprego.	reservatório superior da usina de bombeamento e o mar, que deve ser inferior a 10 metros; - Queda bruta média d'Água entre a montante e a jusante da usina de bombeamento de água, a altura deve ser maior que 70 metros; - Velocidade do vento, deve ser maior que 6 m/s; - Irradiação solar, a irradiação global anual deverá ser maior que 3,5 KW/m²/dia.	seleção de locais para a implantação de um sistema híbrido <i>offshore</i>, composto por geração fotovoltaica e eólica, juntamente com uma usina de bombeamento e armazenamento de água do mar. Este processo foi estabelecido utilizando o método <i>TODIM</i> em um ambiente difuso.
<i>Spatial planning to estimate the offshore wind energy potential in coastal regions and islands.</i> Practical case: The Canary Islands Autores: SCHALLENBERG-RODRIGUEZ, Julieta e MOTESDEOCA, Nuria García Ano: 2018	O estudo visa estabelecer o potencial e o custo de produção da energia eólica <i>offshore</i> nas ilhas canárias (Espanha) para determinar se vale a pena explorar e integrar mais a rede elétrica. Ele se concentra na penetração do vento na rede de cada ilha e considera diferentes cenários para aumentar a penetração do vento, como armazenamento, reforços de rede elétrica e gerenciamento de cargas. O estudo também considerou a viabilidade de maiores níveis de penetração incluindo a complementaridade da energia eólica com outras fontes de energias renováveis. A metodologia é baseada por um <i>GIS</i> e leva em consideração restrições técnicas, econômicas e espaciais. A análise econômica inclui o cálculo de Custo Nivelado de Energia (<i>LCOE</i>), incluindo custos de integração e	- Custo Nivelado de Eletricidade (<i>LCOE</i>); - Custos de integração; - Curvas de custos dos recursos resultantes.	- Águas territoriais, devem ser de no máximo 12 milhas ao redor de cada ilha; - Restrição de batimetria; - Velocidade mínima do vento; - Distância mínima da costa; - Reservas marinhas; - Reservas da biosfera;	Não realizou aplicação de <i>framework</i> dentro do trabalho.

	as curvas de custos dos recursos resultantes. O estudo utilizou um mapa eólico <i>offshore</i> que fornece dados sobre velocidade, direção e distribuição do vento para cada cédula da grade em diferentes altitudes. Já a configuração do parque eólico escolhida para o estudo inclui distâncias específicas de vento a favor e vento cruzado para minimizar o efeito de esteira e maximizar a eficiência da matriz.		- Zonas de proteção Espacial (ZPE); - Zonas Especiais de Conservação (ZEC's); - Áreas Naturais Protegidas; - Portos; - Psicultura; - Zonas de pesca; - Áreas militares; - Rotas de navegação; - Aeroportos;	
--	---	--	---	--

Fonte: Autoria própria (2023)

Pode-se observar que, apesar de os artigos avaliados na inferência serem de épocas diferentes e regiões diferentes do mundo, os principais critérios são mantidos por quase todos os trabalhos analisados, com destaque para a velocidade do vento, densidade de potência, distância para a costa e profundidade do mar. No entanto, alguns artigos apresentavam abordagens diferentes, como é o caso do artigo de Schallenberg-Rodriguez e Motesdeoca (2018), que buscava realizar uma avaliação mais focada em critérios econômicos, como custos gerais.

6. ENTREVISTA COM À ESPECIALISTA

A pesquisa realizou uma entrevista estruturada de resposta aberta com uma especialista na área de energia eólica, com especialidades na inovação de produtos e processos nas áreas de energias renováveis e focada na área de manutenção de turbinas de aerogeradores eólicos *offshore*. Foram realizadas oito perguntas sobre a importância das análises dos critérios para a implantação de parques eólicos *offshore*.

A entrevista foi realizada no dia 22 de agosto de 2023, e teve início às 15:24 horas, horário de Brasília. O entrevistador realizou uma gravação em áudio da conversa para ser transcrito nesse trabalho. Antes de começar a entrevista, houve uma conversa para que a entrevistada pudesse se apresentar, em seguida foi realizada as perguntas sobre o questionário para ser aproveitado por esse trabalho de conclusão de curso. Os questionamentos e as respostas podem ser vistos no Quadro 3.

Quadro 3 – Entrevista com a especialista

Perguntas	Respostas
1. Quais são as etapas para a escolha de um local para a implantação de um parque eólico <i>offshore</i> ?	Primeiramente, é realizada a análise exploratória da área, via satélite, nessa análise são verificadas as velocidades dos ventos e a densidades de potência gerada pelo vento. Em seguida é realizada um estudo preliminar sobre uma possível geração de energia. caso os resultados sejam positivos, são instalados boias ou torres de medições de parâmetros para colher medições reais, por um período de três a cinco anos. Com os dados reais verificados é realizado uma análise de viabilidade, onde os fatores técnicos e econômicos são levados em conta para a tomada de decisão, se existir viabilidade dos fatores é realizada a etapa de regularização da área para a instalação do parque. Na etapa regulatória entra as etapas de leilão e regularização. Em suma, para a seleção de locais e para a implantação de um parque eólico <i>offshore</i> , são necessários cinco passos: A análise exploratória, os estudos preliminares, as medições <i>in loco</i> , a análise de viabilidade técnica-econômica e a etapa regulatória.
2. Na sua percepção, quais os critérios que mais são levados em consideração para a escolha de localidades para a implantação de parques eólicos <i>offshore</i> ? Existe mais algum aspecto que é levado em consideração?	Os critérios que são mais levados em conta para a implantação de parque eólico <i>offshore</i> são a profundidade do mar, a velocidade dos ventos, a distância dos parques para áreas ambientais protegidas, como também para outras áreas utilizadas para outras atividades econômicas, como área de pesca, distância para a costa, proximidades com as linhas de transmissão e subestações elétricas. Outros aspectos também são levados em conta, como a distância para portos e questões logísticas.
3. Na sua percepção, o quão importante é a análise de critérios na tomada de decisão para escolher um local <i>offshore</i> para esses tipos de empreendimento? Ou essa análise não é importante?	É importante a análise dos critérios para a implantação de parques eólicos <i>offshore</i> , pois, são muitos aspectos que são levados em consideração para encontrar um equilíbrio entre os fatores utilizados na análise multicritério.
4. Dentre os fatores Técnicos, Econômicos, Ambientais e Sociais, existem uma hierarquia para a tomada de decisão para a escolha de locais para instalação desses empreendimentos? Descreva essa hierarquia.	Para a instalação de parques eólicos <i>offshore</i> , primeiramente, são levados em consideração os fatores técnicos, em seguida, os fatores econômicos, em terceiro, os critérios ambientais e por último, os critérios sociais.
5. Quais os critérios Técnicos são levados em considerados na tomada de decisão?	Os critérios seriam a velocidade do vento, densidade de potência, ciclos dos picos de vento, profundidade para a definição dos tipos de fundação e a distância da costa.
6. Quais os critérios Econômicos são levados em consideração na tomada de decisão?	Os critérios econômicos são o de investimento inicial para a implantação, lucro pela geração da energia elétrica e período de retorno do investimento inicial.
7. Quais os critérios Ambientais são levados em consideração na tomada de decisão?	Os critérios ambientais que são mais levados em consideração são os impactos dos ruídos, as rotas de aves migratórias, impactos visuais e o impacto no desequilíbrio dos habitats das espécies marinhas.
8. Quais os critérios Sociais são levados em consideração na tomada de decisão?	Os critérios sociais são os relacionados às áreas de proteção ambiental, rotas marítimas e presença de outras estruturas no local, além da questão de aceitação pública das comunidades próximas dos parques eólicos <i>offshore</i> .

Fonte: Autoria própria (2023)

O principal objetivo da entrevista é de entender a percepção de um especialista de quais fatores os tomadores de decisão utilizam na escolha e um local para a implantação de parque eólico *offshore*. Já em relação à inferência dos artigos, consegue-se constatar que muitos fatores elencados pela entrevista podem ser percebidos também na inferência dos artigos estudados, especialmente a velocidade do vento, densidade de potência, distância para a costa e questões que levam em conta as condições das aves e da vida marinha. Outro ponto observado é que, na hierarquia dos critérios para a tomada de decisão, os fatores técnicos e econômicos são considerados primeiramente, enquanto os fatores ambientais e sociais são os últimos a serem considerados.

Em relação às etapas para a escolha da implantação de parques eólicos *offshore*, relatadas pela entrevistada, não há menção a critérios de exclusão, os quais deveriam ser considerados antes das medições *in loco*, uma vez que representam condições impeditivas definitivas para a instalação dos parques eólicos. Considerar as áreas de exclusão antes das medições *in loco* evitaria gastos desnecessários, pois essas áreas seriam prontamente desprezadas, permitindo que os estudos se concentrassem em novas áreas elegíveis para a implantação desses empreendimentos.

7. ELABORAÇÃO DO *FRAMEWORK*

Na estruturação do *framework* de fatores para a seleção de locais para a implantação de parques eólicos *offshore* na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na plataforma continental do Brasil, é necessário entender como a legislação brasileira estabelece parâmetros e regras para a obtenção da concessão e do direito à geração de energia elétrica por meio desses parques. O Brasil ainda não possui uma legislação clara para a prática de geração de energia eólica *offshore*. Atualmente, o que rege esse tipo de atividade no país é o Decreto Federal Nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022, que dispõe sobre a cessão dos espaços necessários para a implantação dos parques eólicos *offshore*. No entanto, está em trâmite um marco regulatório por meio do Projeto de Lei Nº 11.247, de 2018, que busca estabelecer uma legislação sólida para a instalação e geração de energias renováveis *offshore* no país. O *framework* elaborado neste trabalho busca manter uma estrutura de decisão que possa abranger as ocasiões tanto do decreto, que ainda está em vigor, quanto das propostas do marco regulatório, que muito provavelmente se tornará a nova legislação para a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis *offshore*. Além disso, as etapas são fundamentadas na entrevista com a especialista.

A primeira fase do *Framework* da análise dos fatores para a escolha de uma localidade para um parque eólico será a obtenção de dados climáticos preliminares e de áreas restritas por meio de satélite, esses dados serão importantes para que o Ministério de Minas e Energia junto com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) consigam mapear as áreas que obtiveram os melhores resultados. Dados climáticos como velocidade e densidade do vento e profundidade do mar serão considerados. Quanto às áreas restritas, os fatores a serem analisados via satélite incluirão áreas militares, áreas de proteção ambiental, rotas marítimas, áreas de exploração de gás e petróleo, rotas de vida marinha, rotas de aves, áreas de oleodutos e áreas de cabos de conexão. Para a análise das zonas de restrições, o *framework* considerou os estudos de Dvorak *et al.* (2010), Shao *et al.* (2020), Vasileiou *et al.* (2017), Mahdy e Bahaj (2018), Schallenberg-Rodriguez e Motesdeoca (2018), Wu *et al.* (2020), juntamente com o Decreto Nº 10946, de 2022.

Com as informações que resultaram nas áreas que apresentaram os melhores resultados já mapeadas, os interessados, como o Ministério de Minas e Energia, assim como a ANEEL e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), poderão realizar análises preliminares para a tomada de decisão sobre as localidades que possivelmente serão mais suscetíveis para a exploração. Isso auxiliará os órgãos, como a ANEEL, responsável por prover autorização das

localidades de forma onerosa por meio de um processo de chamada, ou anúncios públicos para a identificação de interessados. Isso também ajudará os órgãos em suas estratégias de licitação das áreas, podendo ser realizadas por leilão público de lotes ou por interesse de áreas por parte dos empreendedores.

Na segunda fase do *Framework*, é proposta a realização das medições *in loco* dos dados climáticos. Essas medições ajudarão na melhor tomada de decisão, pois os dados serão mais precisos e permitirão identificar tendências e interferências dos fatores na produção de energia eólica. Para uma melhor análise desses dados, é preferível que esses valores sejam coletados por um período determinado. Dvorak *et al.* (2010) utilizaram uma análise *in loco* de 11 anos para a elaboração de seu trabalho sobre o desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no Leste dos EUA. Já Ioannou *et al.* (2018) utilizaram dados obtidos por 3 anos durante 3 horas diárias para a sua análise de medições *in loco* com o objetivo de desenvolver um modelo técnico-econômico sobre o ciclo de vida da energia eólica *offshore*.

Levando em consideração os dois artigos mencionados anteriormente e a entrevista com a especialista, este trabalho sugere um período de análise de 5 anos, com durações de 12 horas diárias. As análises diárias serão realizadas de forma intercalada, avaliando um dia de meia-noite a meio-dia e, no próximo dia, de meio-dia à meia-noite. Dessa forma, as análises diárias e anuais acumularão uma quantidade razoável de séries históricas, ajudando assim em uma melhor previsibilidade da possível geração de energia eólica em um determinado local. Outro ponto importante é que essa análise *in loco* deverá ser realizada pela EPE por meio de uma Licença Prévia (LP) emitida pelo IBAMA. É importante também ressaltar que a EPE deve realizar um Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) ainda nessa fase de estudos, antes da ANEEL ofertar os blocos para as concessões das áreas. O EVA é muito importante de ser realizado nessa etapa, pois seu principal objetivo é analisar a viabilidade ambiental em relação à instalação e operação do parque eólico, definindo assim os melhores locais para a instalação do empreendimento e auxiliando os interessados na tomada de decisão. O EVA é normalmente solicitado pelo IBAMA com um estudo preliminar do EIA-RIMA.

Os dados obtidos nessa etapa serão: velocidade do vento, potência do vento, cisalhamento do vento, profundidade do mar e altura das ondas. Para a análise dos parâmetros dos fatores, como a velocidade do vento, o *framework* levou em consideração os trabalhos de Wu *et al.* (2019) e Vasileiou *et al.* (2017), enquanto a densidade de potência e profundidade do mar foram baseados no trabalho de Mahdy e Bahaj (2018). Em relação ao cisalhamento do vento, o trabalho utilizado como base para a obtenção de seus parâmetros foi o de Wu *et al.* (2020) e a altura das ondas foi baseado do trabalho de Shao *et al.* (2020). Os parâmetros

utilizados foram: Velocidade do vento acima de 6 m/s; densidade de potência acima de 850 w/m²; em relação a profundidade do mar, os parques eólicos de bases fixas devem ser instalados em áreas onde a profundidade seja inferior a 60 metros, enquanto para a instalação de parques de bases flutuantes, a profundidade das áreas devem ser de pelo menos 60 metros; sobre a altura das ondas, devem ser adotados locais onde não apresente incidências de grandes ondas e que não interfira nas operações de instalação dos parques e nas manutenções posteriores; e relação, ao cisalhamento do vento evitará áreas que apresentem considerável incidência de cisalhamento vertical, pois isso impacta negativamente a vida útil do equipamento e a segurança da operação.

Na terceira etapa do *Framework*, ocorre a concessão do bem público para a exploração e geração de energia eólica, juntamente com as análises de viabilidade técnico-econômica dos projetos dos parques eólicos. As concessões das áreas, seja nas águas interiores, no mar territorial ou na Zona Econômica Exclusiva, são realizadas de forma onerosa. Isso ocorre por meio de um processo de chamada pública através de licitações para leilões de blocos de exploração (cessão planejada), ou pela identificação de potenciais interessados em explorar determinada localidade já escolhida previamente (cessão independente).

A cessão planejada será responsabilidade do Ministério de Minas e Energia definir os prismas eólicos (blocos de exploração) disponíveis a serem oferecidos por processos de leilões públicos, ficando a ANEEL responsável pela execução desses leilões. Se a cessão for independente, os interessados devem procurar o Ministério de Minas e Energia por meio de emissão de um requerimento com o intuito de firmar contrato da cessão do meio público de forma onerosa.

Percebe-se que a análise da viabilidade técnico-econômica está intimamente ligada à forma como a união fará a concessão do bem público que será utilizado na exploração da energia elétrica. Se a concessão partir do interesse do empreendedor em explorar uma determinada prisma eólico, o estudo de viabilidade técnico-econômica pode ocorrer antes do pedido de concessão. Isso influenciaria positivamente os interessados na tomada de decisão sobre o melhor local para a implantação do parque, pois ao realizar os estudos de viabilidade primeiro, o interessado tem mais liberdade para escolher o local mais propício para a geração de energia elétrica, levando em conta a melhor eficiência energética, o melhor retorno financeiro e os menores custos envolvidos no parque, como os custos de instalação, operação e manutenção, assim como as questões logísticas que serão utilizadas principalmente para a sua implementação.

Por outro lado, se a concessão do serviço público para a implantação partir do planejamento do Ministério de Minas e Energia e da execução da ANEEL por meio de uma chamada pública por licitação de leilões de blocos licitados, a análise de viabilidade técnico-econômica deverá ser realizada após a divulgação dos blocos que serão leiloados. Somente assim será possível entender quais blocos licitados apresentariam as melhores condições para a implantação dos parques eólicos *offshore*, sendo um fator importante na tomada de decisão.

Alguns fatores que poderiam ser usados para a análise de viabilidade técnico-econômica incluem a eficiência de produção, distância para a costa, distância para a rede elétrica, distância para portos, custos de instalação, custos de manutenção e operação, custos logísticos, taxa interna de retorno do investimento (TIR), tempo de retorno do investimento, capacidade e lucro. Esses critérios são baseados em diversos trabalhos acadêmicos, como os de Shao *et al.* (2020), Vasileiou *et al.* (2017), Mahdy e Bahaj (2018), Mekonnen e Gorsevski (2015), Ilbahar *et al.* (2019), Wu *et al.* (2019), e Wu *et al.* (2020).

Após as análises de viabilidade técnico-científica e as concessões das áreas pela ANEEL, as empresas beneficiadas iniciarão o desenvolvimento dos projetos dos parques eólicos. Nesse momento, os empreendimentos solicitam as licenças ambientais e a Declaração de Interferência Prévia (DIP). Com os projetos desenvolvidos, serão realizados os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) com o objetivo de avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos causados por cada projeto, buscando medidas de mitigação para reduzir ou compensar tais impactos. Para a elaboração do EIA, o empreendimento deverá solicitar uma Licença Prévia (LP) junto ao IBAMA para estar autorizado a realizar as análises *in loco*.

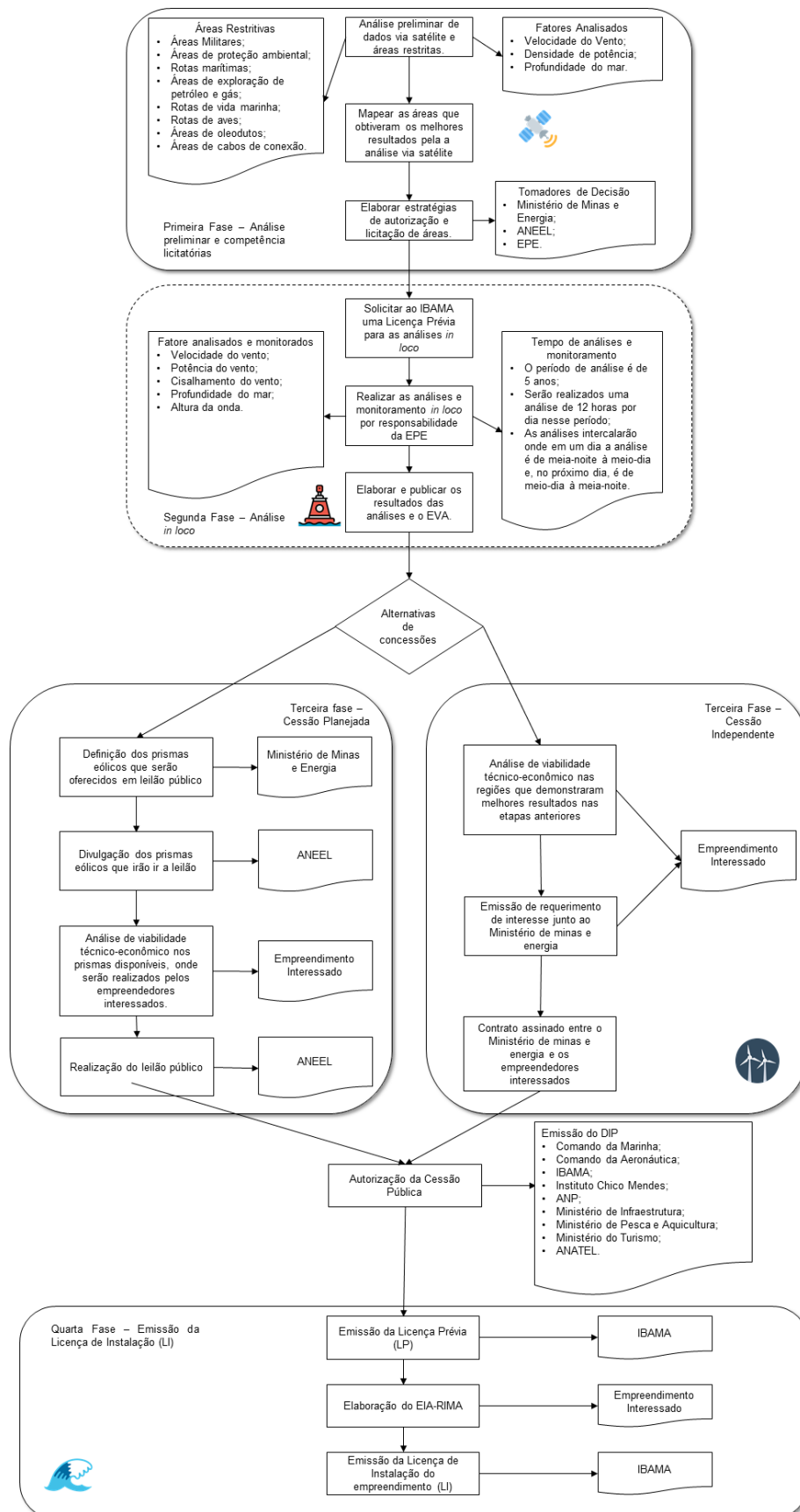
De acordo com o Decreto Federal Nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022, para a cessão das áreas de forma onerosa, diversas instituições devem emitir alguns DIP's para serem incluídos no desenvolvimento do EIA, tais como:

- O Comando da Marinha avaliará normas da autoridade marítima sobre a segurança de navegação, salvaguarda da vida humana, poluição do mar, ordenamento das rotas de tráfego aquaviário, na marcação dos prismas eólicos e das marcações das turbinas, além de garantir a defesa nacional.
- O Comando de Aeronáutica deve avaliar as interferências das torres eólicas em relação aos cones de aproximação dos aeródromos e as regularidades das operações aéreas.
- O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) deve informar as partes interessadas por meio de um DIP se outros processos de licitações de uma determinada área já estão em curso.

- O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes deverá declarar se em quais localidades existem Áreas de Preservação Ambiental, ou se os futuros projetos da implantação desses parques se encontram próximos dessas áreas.
- A Agência Nacional de Petróleo (ANP) deverá informar se os projetos dos parques eólicos podem interferir nas explorações do petróleo e gás naturais, assim como nos oleodutos utilizados para o transporte desses materiais até a costa.
- Será de responsabilidade do Ministério da Infraestrutura avaliar a compatibilidade dos projetos com o setor portuário e de transporte aquaviário.
- Por outro lado, o Ministério de Pesca e Aquicultura deverá declarar se os futuros projetos poderão interferir em áreas de zona de pesca.
- O Ministério do Turismo deve avaliar se os projetos *offshore* podem impactar paisagens e áreas turísticas.
- Por fim, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) avaliará potenciais conflitos com áreas de redes e sistemas de comunicações marítimas, como é o caso de cabos submarinos.

Após a emissão dos DIP's e a elaboração do EIA, será realizado o Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), com o objetivo de sintetizar as informações do EIA e ser publicado para o público e partes interessadas. Isso permite que todos possam entender os impactos causados pela instalação do projeto, incluindo também alternativas de compensação e medidas mitigadoras. A elaboração do RIMA e sua publicação permitem que todas as partes interessadas emitam suas opiniões e colaborem na tomada de decisão.

Por fim, com a elaboração do EIA-RIMA e a realização das condicionantes emitidas pelos órgãos competentes acerca das mudanças que o projeto deve adotar, o empreendimento pode então encaminhar a solicitação junto ao IBAMA da Licença de Instalação (LI) do Parque Eólico na localidade estabelecida pela concessão da ANEEL. Com a licença emitida, a empresa terá todas as autorizações necessárias para a instalação do parque eólico. As etapas da elaboração do *framework* são demonstradas por um fluxo de valor representado na figura 02 a seguir.

Figura 02 – Estrutura do *framework*

Fonte: Autoria própria (2024)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo de energia a partir da geração de fontes renováveis continua sendo uma alternativa na contribuição das mudanças climáticas no planeta Terra. No Brasil, a situação não é diferente, assim como aumenta a demanda para o consumo de energia elétrica na qual necessita de uma maior oferta na geração, o país também busca flexibilizar a sua matriz energética e deixando assim a dependência em algumas poucas fontes geradoras. No entanto, a geração de fontes renováveis em formato *offshore* no Brasil ainda não é explorada e nem muito menos possui uma regulamentação estabelecida para a implantação e geração de fontes de energias renováveis *offshore*.

O trabalho apresentado propõe um *framework* abrangente para a seleção de locais visando a implantação de parques eólicos *offshore* no Brasil, com foco na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na plataforma continental. A partir de uma revisão bibliográfica e metodológica, explorou-se o potencial eólico do país, destacando os desafios regulatórios e ambientais associados a essa forma de energia renovável.

A análise da legislação vigente revelou a necessidade de uma regulamentação mais específica para a energia eólica *offshore*, com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável do setor. Com base na entrevista com a especialista e revisão da literatura, foram identificados e analisados os principais critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais considerados na seleção de locais para os parques eólicos.

O *framework* proposto foi estruturado em fases, desde a obtenção de dados preliminares até a concessão do bem público e emissão das licenças necessárias para a instalação dos parques. Essa abordagem sistemática visa garantir a seleção de locais mais adequados e sustentáveis, levando em consideração aspectos como viabilidade técnico-econômica, obtenção de licenças ambientais e participação pública.

O desenvolvimento de parques eólicos *offshore* no Brasil apresenta um grande potencial para contribuir com a matriz energética renovável do país. No entanto, é fundamental observar critérios técnicos, ambientais, econômicos e sociais adequados para garantir o sucesso e a sustentabilidade desses projetos. Além disso, destaca-se a importância de uma regulamentação clara e eficiente, bem como a participação ativa de todos os envolvidos no processo, visando garantir o desenvolvimento sustentável do setor e o aproveitamento pleno do potencial eólico brasileiro.

É importante destacar que houve algumas limitações para a elaboração deste trabalho. A primeira limitação é que o desenvolvimento do *Framework*, no que diz respeito às questões

regulamentares, baseou-se apenas no Decreto Presidencial Nº 10.496, de 2022, e em um possível Marco Regulatório representado pelo Projeto de Lei Nº 11.247, de 2018, que ainda está em processo de aprovação nas Câmaras Legislativas Federais. Até o momento exato da conclusão deste estudo, o Marco Regulatório ainda não foi definitivamente aprovado, o que resulta em uma segunda restrição. Como o Brasil não possui um Marco Regulatório para a exploração de energia eólica *offshore*, o país não tem nenhum projeto de parque eólico *offshore* comercial em fase de instalação nem em operação. Isso torna inviável a comparação do *framework* proposto com um caso real para as condições locais.

Por fim, além das limitações mencionadas anteriormente o trabalho não aplicou nenhum método matemático de multicritério para ajudar na seleção das melhores áreas nas Zonas Econômicas Exclusivas nem na Plataforma Continental Brasileira para a implantação dos parques eólicos. Para estudos futuros, planeja-se expandir a pesquisa utilizando métodos matemáticos de multicritério, como método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. O uso do *AHP*, por meio de ponderações dos fatores, a hierarquizar as melhores regiões para a implantação de parques eólicos *offshore*. Através da contribuição de especialistas e tomadores de decisão para cada fator utilizado nas análises, conforme explicados no *framework*. Com isso, podendo localizar as áreas que apresentem as melhores condições potenciais para a geração da energia eólica, além de evitar áreas inadequadas para esse tipo de atividade.

Após a finalização deste Trabalho de Conclusão de Curso, planeja-se submetê-lo para publicação em uma revista científica da área. Essa etapa é crucial para contribuir com o corpo acadêmico e científico, permitindo que os resultados obtidos e as metodologias empregadas sejam compartilhados e avaliados pela comunidade científica. A publicação em revistas especializadas proporciona uma maior visibilidade ao estudo, promovendo o debate do tema abordado por esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BAILEY, Helen; BROOKES, Kate L.; THOMPSON, Paul M. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. **Aquatic biosystems**, v. 10, p. 1-13, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/2046-9063-10-8>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BAÑOS, Raul *et al.* Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 4, p. 1753-1766, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032110004430>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais de domínio da União, para a geração energia elétrica a partir de empreendimentos offshore. Brasília, DF: **Presidência da República**, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.946-de-25-de-janeiro-de-2022-376016988>. Acesso em: 19 abr. 2023.

BRASIL. Lei nº 8.617, de 4 de janeiro de 1993. Dispõe sobre o mar territorial, zona contígua, a zona econômica e a plataforma continental brasileiro, e dá outras providências. Brasília, DF: **Casa Civil**, 1993. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8617.htm. Acesso em: 09 abr. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.636, de 15 de maio de 1998. Dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União. Brasília, DF: **Casa Civil**, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9636compilado.htm. Acesso em: 19 abr. 2023.

BRASIL. Projeto de Lei nº 11.247, de 2018. Dispõe sobre a ampliação das atribuições institucionais à política Energética Nacional com o objetivo de promover a geração de energia eólica offshore. Brasília, DF: **Câmara dos Deputados**, 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2190084>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CARVALHO, Itaiara Felix. **Energia eólica offshore: potencial e desafios de implantação**. 2017. Dissertação (Graduação em Energia elétrica) – Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/18771>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CHAOUACHI, Aymen; COVRIG, Catalin Felix; ARDELEAN, Mircea. Multi-criteria selection of offshore wind farms: Case study for the Baltic States. **Energy Policy**, v. 103, p. 179-192, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517300186>. Acesso em: 20 dez. 2023.

COSTA, Mônica Antonizia de Sales et al. Impactos socioeconômicos, ambientais e tecnológicos causados pela instalação dos parques eólicos no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 399-411, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/ZJdVgpy7gGQtq8p6YDvTWQf/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DANTAS, Gerbeson Carlos Batista *et al.* Panorama do setor eólico no estado do Rio Grande do Norte no período 2004-2017. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 79-94, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/J9h3G3zBmMXr7d5gzYtrhmn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2023.

DANTAS, Leonardo Augusto Vale Santos. Análise de viabilidade dos modelos de transmissão CC/CA em parques eólicos offshore. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53757>. Acesso em: 09 abr. 2024.

DVORAK, Michael J.; ARCHER, Cristina L.; JACOBSON, Mark Z. California offshore wind energy potential. **Renewable energy**, v. 35, n. 6, p. 1244-1254, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148109004984>. Acesso em: 20 dez. 2023.

ILBAHAR, Esra; CEBI, Selcuk; KAHARAMAN, Cengiz. A state-of-the-art review on multi-attribute renewable energy decision making. **Energy Strategy Reviews**, v. 25, p. 18-33, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300410>. Acesso em: 19 dez. 2023.

IOANNOU, Anastasia; ANGUS, Andrew; BRENNAN, Feargal. A lifecycle techno-economic model of offshore wind energy for different entry and exit instances. **Applied Energy**, v. 221, p. 406-424, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918304811>. Acesso em: 26 jan. 2024.

LATINOPOULOS, Dionysis; KECHAGIA, Kiriaki. A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. **Renewable Energy**, v. 78, p. 550-560, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115000592>. Acesso em: 10 abr. 2023.

LEE, Hsing-Chen; CHANG, Ching-Ter. Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 92, p. 883-896, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118303435>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MAHDY, Mostafa; BAHAI, AbuBakr S. Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. **Renewable energy**, v. 118, p. 278-289, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117311229>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 8. ed. Barueri, SP: Atlas, 2022. *E-book*. ISBN 978-65-597-7067-0. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MARINHA DO BRASIL. **Amazônia Azul**, 2019. Disponível em: https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/. Acesso em: 09 abr. 2024.

MARTINS, Douglas Soares et al. Revisão bibliográfica sobre os benefícios da implantação de um parque eólico offshore no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 7, p. 563-581, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/6239> Acesso em: 13 mar. 2024.

MEDEIROS, João Paulo Costa de. Precificação da energia eólica offshore no Brasil. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12228>. Acesso em: 09 abr. 2024.

MEKONNEN, Addisu D.; GORSEVSKI, Pece V. A web-based participatory GIS (PGIS) for offshore wind farm suitability within Lake Erie, Ohio. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 162-177, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114007060>. Acesso em: 18 dez. 2023.

MOREIRA, José Roberto S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. *E-book*. ISBN 978-85-216-3681-6. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636816/>. Acesso em: 17 abr. 2023.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil**, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 09 abr. 2024.

PINTO, Milton. **Fundamentos de Energia Eólica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. *E-book*. ISBN 978-85-216-2193-5. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2193-5/>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SALVADOR, Carlo Bien *et al.* A multi-criteria decision-making framework for site selection of offshore wind farms in Australia. **Ocean & Coastal Management**, v. 224, p. 106196, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569122001739>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SANTOS, Paulo Henrique Neves. Avaliação geoecológica da produção de energia eólica onshore no litoral norte e sul de Sergipe. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Sergipe**, 2022. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/18286>. Acesso em: 09 abr. 2024.

SANTOYO-CASTELAZO, Edgar; AZAPAGIC, Adisa. Sustainability assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects. **Journal of cleaner production**, v. 80, p. 119-138, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614005381>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SCHALLENBERG-RODRÍGUEZ, Julieta; MONTESDEOCA, Nuria García. Spatial planning to estimate the offshore wind energy potential in coastal regions and islands. Practical case: The Canary Islands. **Energy**, v. 143, p. 91-103, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217317899>. Acesso em: 22 dez. 2023.

ŞENGÜL, Ümran *et al.* Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. **Renewable energy**, v. 75, p. 617-625, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114006727>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SHAO, Meng *et al.* A review of multi-criteria decision making applications for renewable energy site selection. **Renewable Energy**, v. 157, p. 377-403, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120306753>. Acesso em: 20 dez. 2023.

ANEEL. Sistema de Informações de geração de energia elétrica da ANEEL, 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNjc4OGYyYjQtYWZC00YjllWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 06 mar. 2024.

STRANTZALI, Eleni; ARAVOSSIS, Konstantinos. Decision making in renewable energy investments: A review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 55, p. 885-898, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012733>. Acesso em: 15 mar. 2023.

TEIXEIRA, Rachel Leser Burock Chamarelli; DA SILVA, Wanderson Amaral. Energia de fontes renováveis na matriz energética brasileira: uma revisão sobre o panorama atual e perspectivas futuras. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 20, p. 1515-1532, 2021. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v8n20/v08n20a16a.html>. Acesso em: 09 abr. 2024.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-8551.00375>. Acesso em: 28 out. 2023.

TSOUTSOS, Theocharis *et al.* Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. **Energy policy**, v. 37, n. 5, p. 1587-1600, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508007507>. Acesso em: 15 mar. 2023.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. **Itajubá: Unifei**, 2012.

VASILEIOU, Margarita; LOUKOGEORGAKI, Eva; VAGIONA, Dimitra G. GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 73, p. 745-757, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117301892>. Acesso em: 17 dez. 2023.

WANG, Jin *et al.* Offshore wind turbine selection with a novel multi-criteria decision-making method based on Dempster-Shafer evidence theory. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 51, p. 101951, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138822000030>. Acesso em: 14 abr. 2023.

WU, Yunna *et al.* A decision framework of offshore wind power station site selection using a PROMETHEE method under intuitionistic fuzzy environment: A case in China. **Ocean & Coastal Management**, v. 184, p. 105016, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569119305812>. Acesso em: 17 dez. 2023.

WU, Yunna *et al.* Optimal location selection for offshore wind-PV-seawater pumped storage power plant using a hybrid MCDM approach: A two-stage framework. **Energy conversion and management**, v. 199, p. 112066, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890419310726>. Acesso em: 18 dez. 2023.

ZIEMBA, Paweł. Uncertain Multi-Criteria analysis of offshore wind farms projects investments—Case study of the Polish Economic Zone of the Baltic Sea. **Applied Energy**, v. 309, p. 118232, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921014975>. Acesso em: 14 abr. 2023.