



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE (CTS)
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE (EES)
CURSO ENGENHARIA DE ENERGIA

Maurício Körbes de Sá

Análise multicritério voltada a implementação da energia eólica offshore no Brasil

Araranguá

2024

Maurício Körbes de Sá

Análise multicritério voltada a implementação da energia eólica offshore no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de Energia do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Profa. Carla de Abreu D'Aquino, Dra

Araranguá

2024

Körbes de Sá, Maurício

Análise multicritério voltada a implementação da energia eólica offshore no Brasil / Maurício Körbes de Sá orientadora, Carla de Abreu D'Aquino, 2024.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. 2. Energia Eólica Offshore.
I. de Abreu D'Aquino, Carla. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Energia. III.
Titulo.

Mauricio Körbes de Sá

Análise multicritério voltada a implementação da energia eólica offshore no Brasil

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

(Orientadora) Profa. Carla de Abreu D'Aquino, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Leonardo Elizeire Bremermann, Dr
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Maria Luísa Tonetto, Ma.
Universidade Federal de Santa Catarina

Local Araranguá, 22 de Julho de 2024.

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

 Documento assinado digitalmente
Carla de Abreu Daquino
Data: 15/08/2024 15:04:23-0300
CPF: ***.586.819-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Carla de Abreu D'Aquino, Dra..

Coordenador do Curso

 Documento assinado digitalmente
Carla de Abreu Daquino
Data: 15/08/2024 15:03:57-0300
CPF: ***.586.819-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Carla de Abreu D'Aquino, Dra.

Orientador ou Coorientador

 Documento assinado digitalmente
Maurício Korbes de Sa
Data: 15/08/2024 15:07:51-0300
CPF: ***.280.389-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Maurício Körbes de Sá
Autor

Araranguá, 22 de Julho de 2024.

Aos meus pais e amigos, alicerces da minha caminhada e inspiração para alcançar meus sonhos, dedico esta dissertação com imensa gratidão.

AGRADECIMENTOS

Aos pilares da minha vida, minha mãe Jovita e meu pai Josemar, minha eterna gratidão por serem a base de tudo que sou e conquisto. Vocês me ensinaram o valor do trabalho duro, da perseverança e da fé nos meus sonhos. Agradeço por todo o amor, apoio e incentivo que me acompanharam durante toda a jornada, especialmente durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos inseparáveis, Matheus Rebelo Brehsan, Taciana Butzke, Beatrice Silveira e Ingrid Ingra Luz, minha gratidão por tornarem essa caminhada mais leve e divertida. Vocês acreditaram em mim mesmo quando eu duvidava, e suas palavras de incentivo foram fundamentais para que eu não desistisse do meu sonho de me tornar engenheiro de energia. Obrigado por serem meus companheiros de todas as horas e por celebrarem cada conquista comigo.

Ao meu grande amigo Welinton Barcelos Garcia, um agradecimento especial por todos os ensinamentos valiosos e pela paciência infinita que você teve comigo. Suas contribuições foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

À minha estimada professora e orientadora, Carla, minha profunda gratidão por toda a orientação, apoio e ajuda durante a reta final do curso. Sua expertise e dedicação me guiaram na pesquisa e aprimoramento deste trabalho. Agradeço por acreditar no meu potencial e por me ajudar a alcançar meus objetivos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e realização deste sonho, meu sincero agradecimento. Cada um de vocês teve um papel importante nesta jornada, e sou grato por tê-los em minha vida.

RESUMO

A necessidade de novas políticas energéticas que buscam fontes mais sustentáveis incluíram a energia eólica como uma das principais alternativas. A energia eólica *onshore* (terrestre) já está consolidada dentro do território nacional, porém, a energia eólica *offshore* (marítima) por conta de diversos desafios, ainda não alcançou a fase comercial no Brasil. Uma análise multicritério pode auxiliar a elencar esses desafios e mensurar o seu impacto para a viabilidade de um empreendimento eólico *offshore* no país. O objetivo deste trabalho foi aplicar a metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) para determinar quais critérios devem ser levados em consideração e a sua importância dentro do contexto brasileiro para implementação da eólica *offshore*. Foram estabelecidos cinco critérios e diversos subcritérios que compreendem diversas áreas que podem impactar na viabilidade de um empreendimento de energia eólica *offshore* no Brasil. Após aplicar a metodologia AHP, determinou-se que os critérios referentes a custo de instalação, recurso eólico e legislação são os que apresentam maior importância.

Palavras-chave: Análise multicritério; Energia eólica *offshore*; Brasil.

ABSTRACT

The need for new energy policies that seek more sustainable sources has included wind energy as one of the main alternatives. Onshore (terrestrial) wind energy is already consolidated within the national territory, however, offshore (maritime) wind energy, due to several challenges, has not yet reached the commercial phase in Brazil. A multi-criteria analysis can help to identify these challenges and measure their impact on the viability of an offshore wind project in the country. The objective of this work was to apply the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology to determine which criteria should be taken into consideration and their importance within the Brazilian context for implementing offshore wind. Five criteria and several sub-criteria were established that comprise several areas that can impact the viability of an offshore wind energy project in Brazil. After applying the AHP methodology, it was determined that the criteria relating to installation cost, wind resource and legislation are those that are most important.

Keywords: Multi-criteria analysis; Offshore wind energy; Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz energética brasileira.....	15
Figura 2 – Critérios e subcritérios.....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos analisados.....	19
Quadro 2 - Critérios escolhidos.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de Saaty.....	21
Tabela 2 – Tabela de índices de consistência aleatória.....	22
Tabela 3 – Importância dos subcritérios considerando o objetivo de analisar a implementação da eólica offshore no Brasil.....	25
Tabela 4 – Prioridades gerais encontradas na análise multicritério.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO.....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 A ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL.....	14
3.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO RELACIONADA A EÓLICA OFFSHORE.....	18
4 METODOLOGIA.....	20
5 RESULTADOS.....	27
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE A – MATRIZ AHP.....	34
APÊNDICE B – NORMALIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica é um tema bastante abrangente que traz diversos questionamentos para a comunidade dentro da esfera política, científica e civil. Há uma demanda cada vez maior por consumo de energia para garantir o bem estar da sociedade e seus avanços tecnológicos, porém, o interesse mundial para que essa demanda seja atendida de maneira sustentável e a concepção de políticas energéticas cada vez mais independentes do uso de petróleo, que é um recurso finito e com grande impacto ambiental, tornam a energia eólica uma alternativa a ser considerada (Coletta et al., 2022).

Com esse contexto de novas políticas energéticas voltadas para a energia provida por recursos renováveis, a energia eólica se destaca no crescimento durante os últimos anos. A energia eólica teve um crescimento substancial no Brasil saltando de 1 GW em 2010 para mais de 24 GW em 2023, que representa cerca de 14% da matriz energética brasileira, o que garante o fornecimento de energia para cerca 108 milhões de habitantes no Brasil durante o pico de produção de energia eólica (ABEEÓLICA, 2023).

No Brasil, a energia eólica é gerada em parques eólicos onshore (continental), ou seja, a energia é gerada por ventos terrestres, porém, há vários outros países no mundo que já utilizam a energia eólica gerada por ventos marítimos, esta escolha ocorre por conta das suas vantagens que incluem a maior capacidade de geração de energia elétrica, rugosidade menor do terreno e menor impacto visual e sonoro e dos avanços tecnológicos que permitiram esses empreendimentos se tornarem viáveis. Essa tendência de utilizar a energia eólica offshore (marítima) chamou a atenção da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que realizou um estudo sobre as possíveis barreiras e desafios a serem enfrentados para o desenvolvimento da energia eólica offshore em território brasileiro (EPE, 2020).

Os desafios que podem impactar no desenvolvimento da tecnologia podem ser de cunho técnico, político e também no meio social, por mais que parques eólicos até social, pois a instalação de um empreendimento offshore sejam instalados afastados da costa e não afetando a paisagem como os parques terrestre, desta forma, existe uma tendências dos mesmos serem mais aceitos visualmente (Bishop e Miller, 2007). O efeito visual também depende de fatores como: condições atmosféricas e do contraste com a paisagem, o aumento da distância também é um fator principal na sua mitigação. Além disso, a identificação das principais barreiras e desafios a serem enfrentados não é o último passo para o desenvolvimento de usinas eólicas offshore no Brasil. Esses desafios mapeados devem ser avaliados e estudados para identificar a viabilidade de cada empreendimento dentro do território brasileiro. Assim, o objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) para determinar os principais critérios e subcritérios

relacionados à energia eólica offshore no Brasil e avaliar a importância e a prioridade de cada um.

2 OBJETIVO

Aplicar uma ferramenta de análise multicritério para tomada de decisão voltada à implementação de energia eólica offshore no Brasil.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar os critérios e subcritérios relacionados a energia eólica no Brasil;
- Avaliar o grau de importância dos critérios e subcritérios selecionados;
- Determinar a(s) variável(is) de maior impacto na tomada de decisão para a implementação da energia eólica offshore.

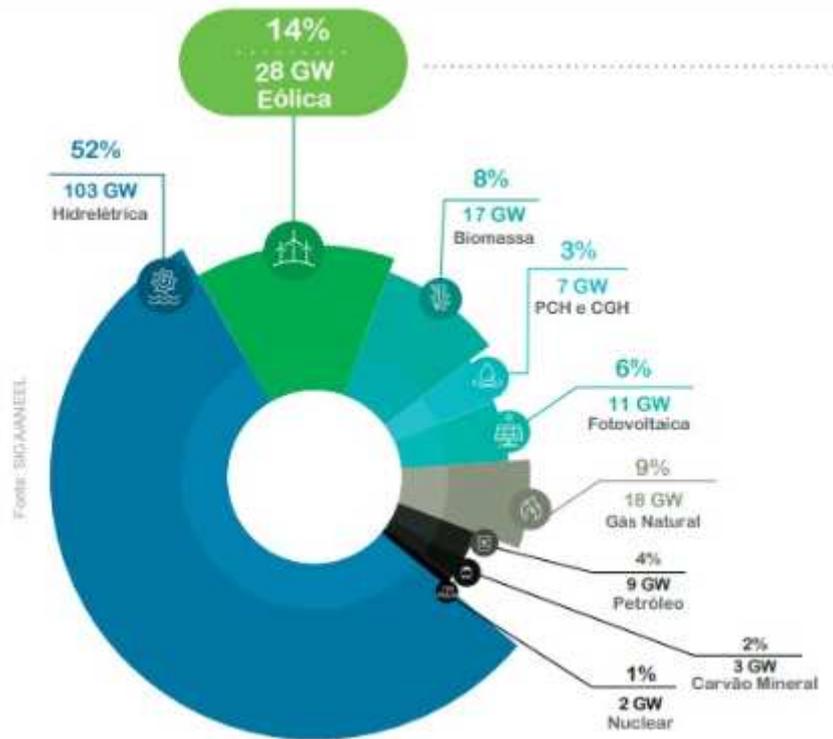
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL

A geração de energia renovável se mostra uma opção cada vez mais viável impulsionada pelas políticas energéticas centralizadas na preocupação ambiental e nos avanços tecnológicos dos últimos anos (EPE, 2020). O termo transição energética ganhou força nos últimos anos com a crescente participação das fontes de energia renováveis para atendimento da, cada vez maior, demanda global de energia. Os principais vetores para que a transição energética seja viável são a redução dos custos das tecnologias, a definição das metas de descarbonização e incentivos governamentais e do sistema financeiro global para mitigação das mudanças climáticas (Do Rosário et al., 2021).

Entre as fontes de energia renovável destacam-se a energia eólica onshore e offshore. Grande parte da geração de energia eólica atual no Brasil é realizada por parques onshore, ou seja, parques eólicos que aproveitam a força dos ventos terrestres com cerca de 14% da matriz energética brasileira conforme a Figura 1, apesar do potencial de produção de energia elétrica em parques offshore ser significativamente maior (Coletta et al., 2022).

Figura 1 – Matriz energética brasileira.



Fonte: ABEEÓLICA (2023).

. Os parques eólicos offshore utilizam a força dos ventos em alto-mar, os quais são mais constantes e velozes quando comparados aos ventos em terra. Isso se deve à falta de obstáculos no terreno onde os aerogeradores são instalados. Além disso, há outras vantagens como o menor impacto visual e sonoro em relação a energia eólica onshore (Martins et al., 2022).

Algumas nações da Europa e da Ásia apresentaram, nos últimos anos, um desenvolvimento direcionado para a energia eólica offshore. Países como o Reino Unido, China e Alemanha concentram mais de 90% dos 23,1 GW instalados mundialmente em energia eólica offshore (EPE, 2020). O Brasil, no contexto da geração de energia eólica mundial, já é reconhecido por estar entre os dez países com maior capacidade e instalações de energia eólica em terra, porém, sabe-se que há um potencial extraordinário para as instalações de parques eólicos em alto-mar (Coletta et al., 2022).

Nesse cenário, a EPE começou a pesquisar sobre o potencial da energia eólica offshore no Brasil com o objetivo de apresentar uma base de estudos que auxilie na formulação e na elaboração dos planos para a viabilização da expansão da oferta de energia elétrica conforme as diretrizes dos órgãos de governo competentes como o Conselho Nacional de Política Energética e o Ministério de Minas e Energia (MME). O primeiro documento publicado sobre esses estudos se chama "Roadmap Eólica Offshore -

Perspectivas e Caminhos para Energia Eólica Marítima". Os estudos realizados apontam a existência de um potencial técnico de aproximadamente 700 GW para exploração da energia eólica em áreas com profundidade de até 50 metros no Brasil (EPE, 2020). Alguns dos principais estados com potencial eólico offshore para aproveitamento e produção de energia são: Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (Noronha et al., 2021).

Apesar do grande potencial técnico encontrado, a EPE também sinaliza grandes desafios em relação a energia eólica offshore como: aspectos tecnológicos, custos de implantação e operação, conexão ao sistema, aspectos ambientais e também aspectos regulamentares onde não há consenso se as leis brasileiras oferecem segurança jurídica para a instalação de parques eólicos no país (EPE, 2020). Para que o desenvolvimento da energia eólica offshore seja viável, a competitividade e a redução dos custos são fundamentais. Essa diminuição dos custos depende de fatores tecnológicos e de segurança institucional, que garantem a competitividade da energia eólica offshore no mercado (Noronha et al., 2021). O valor total de um projeto de energia eólica em alto mar é determinado por fatores que estão além do controle direto, como mudanças nas taxas de câmbio, disponibilidade de trabalhadores qualificados e limitações na logística de fornecimento (Santestevan et al., 2021).

Os custos de logística para a instalação de parques eólicos offshore depende também da disponibilidade de portos que servirão de apoio para a implantação dos mesmos. Em alguns estados brasileiros, já existe infraestrutura portuária que pode viabilizar e facilitar o desenvolvimento da energia eólica offshore no Brasil. No total, o país possui 37 portos, sendo 11 na região Nordeste, 11 na região Sul e 9 na região Sudeste. Esses portos levam em consideração fatores técnicos como acessos rodoviários/ferroviários, largura do canal, profundidade, capacidade de manejo, presença de estaleiros e outros pontos críticos para garantir a viabilidade do transporte logístico e portuário (Noronha et al., 2021).

Em relação aos aspectos ambientais, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) publicou, em 2020, o "TERMO DE REFERÊNCIA Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/Rima" com a tipologia "COMPLEXOS EÓLICOS MARÍTIMOS (OFFSHORE)". Esse documento determina as diretrizes e critérios técnicos gerais que deverão fundamentar a elaboração do EIA e, posteriormente, o RIMA com o objetivo de padronizar quais informações deverão constar desde informações dos responsáveis, caracterização do empreendimento, a área de estudo até a análise de impactos ambientais e o plano de gestão ambiental. Dentro desse documento deve-se observar vários pontos sobre a implantação e operação de uma eólica offshore como a caracterização do empreendimento, linha de transmissão para escoamento da energia produzida, acesso e rotas de navegação, diagnóstico do meio físico, meio biótico

e meio terrestre, e gestão de resíduos (IBAMA, 2020). Aspectos esses que são critérios importantes e serão usados para análise neste trabalho.

Para os aspectos regulamentares, que garantem a segurança jurídica dos empreendimentos, ainda se mostra necessário desenvolver um conjunto de regulamentos. Segundo Santestevan, et al. (2021) a falta de legislação foi apontada como um dos pontos fracos para implementação da energia eólica offshore no país. Há algumas iniciativas no congresso nacional, através dos projetos de lei PL N° 484/2017, PL N° 576/2021 e PL N° 3655/2021, que encontram-se em tramitação na Câmara dos Deputados e no Senado Federal. O objetivo desses projetos de lei é estabelecer um conjunto de regras com foco em detalhes específicos relacionados à concessão de autorizações, delimitação de áreas para exploração e participações governamentais, a fim de criar instrumentos legais para o estabelecimento de um arcabouço regulatório (Noronha et al., 2021).

Enquanto o legislativo ainda avalia os projetos de leis. O Governo Federal, por meio de suas atribuições, publicou o decreto N° 10.946, de 25 de janeiro de 2022 que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos offshore. No texto do decreto, atribui-se ao MME a competência da cessão do uso da área marítima e das áreas da União em terra necessárias para instalações de apoio logístico para a manutenção e a operação do empreendimento e para a conexão com o Sistema Interligado Nacional (SIN). Além disso, o decreto detalha quais os tipos de cessão, os procedimentos e documentos devem ser apresentados para que o contrato de cessão de uso seja feito (BRASIL, 2022).

Com o exposto acima, percebe-se que a energia eólica offshore é uma alternativa de energia renovável viável para ser implementada em território brasileiro. No entanto, apresenta também seus dilemas e conflitos diversificados que ainda precisam de atenção do Governo Federal.. Dessa forma, observa-se que os critérios para uma implantação são diversificados e difíceis de serem avaliados isoladamente, assim as ferramentas de análise multicritérios são recomendadas para guiar a tomada de decisão. Através da avaliação de diferentes critérios e da consideração da importância de cada uma na perspectiva do decisor, análise multicritério oferece uma visão holística e embasada para a escolha da opção mais coerente e consistente capaz de alcançar o objetivo proposto pelos tomadores de decisão (Costa et al., 2010).

3.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO RELACIONADA A EÓLICA OFFSHORE.

Existem diversas ferramentas de análises multicritério que podem ser utilizadas em relação a energia eólica *offshore*. Ao buscar na literatura, destacam-se a utilização da Analytic Hierarchy Process (AHP) e ferramentas baseadas em lógica Fuzzy. Essas ferramentas podem ser utilizadas para diferentes objetivos dentro do escopo de energia eólica *offshore*, como por exemplo, para auxiliar na decisão sobre qual a melhor estrutura de suporte, ou para definição de localidade onde uma usina de energia eólica *offshore* deve ser instalada (Akbari et al., 2017).

A lógica Fuzzy foi introduzida pelo matemático Lotfi Asker Zadeh e é definida como uma ferramenta capaz de lidar com informações imprecisas. Ela é constituída por quatro módulos: fuzzyficadores, base de regras, máquina de inferência e defuzzyficadores. Nos fuzzyficadores, ocorre a categorização de uma entrada. A base de regras são baseadas no tipo IF-THEN onde cada regra é um condicional. A máquina de inferência é onde existe o processamento que avalia as entradas e as regras para a criação de um único conjunto Fuzzy que será utilizado na saída. E, por fim, os defuzzyficadores realizam a decodificação dos conjuntos Fuzzy (Paula et al., 2022).

O método AHP foi desenvolvido por Thomas Lorie Saaty na década de 70. Esse método utiliza a hierarquização de alternativas utilizando a comparação par a par para auxiliar uma escolha (Javarini; Gomes; De Freitas, 2021). Existem várias vantagens da utilização da AHP como a facilidade de uso, a capacidade de utilizar a experiência especializada na área e a efetividade de se medir a consistência da análise (Wu et al., 2020).

Na produção acadêmica, há diversos exemplos de análises multicritérios para diversos países do mundo. Em um estudo de caso na China, realizado por Wu et al. (2020), os critérios para a decisão da localização de uma instalação de energia eólica *offshore* foi dividida em seis grandes áreas: recursos eólicos, construção, econômicos, ambientais, sociais e riscos. Essas seis grandes áreas ainda foram subdivididas em subcritérios que estão definidos no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos analisados.

Referência	Ferramenta de análise	País	Subcritérios
Wu et al. (2020).	AHP	China	Velocidade do vento Potencial eólico Horas de vento utilizável Direção do vento Capacidade instalada Condição de deslocamento Topografia Submarina Custos de construção Período de payback Custo de operação e manutenção Rentabilidade Vida marinha Aves Benefícios da redução da emissão de poluentes Aceitação Empregos Risco político Catástrofes ambientais
Le e Nhieu (2022)	Lógica Fuzzy	Vietnam	Rotas marítimas Custos Atividades militares Problemas geopolíticos Áreas de conservação ambiental Proximidade de portos Proximidade de áreas industriais Impacto no potencial turístico Impacto no potencial pesqueiro Aceitação social
Racetin (2023)	Lógica Fuzzy	Croácia	Profundidade Velocidade do vento Distância de portos Distância de aeroportos Distância da rede de transmissão Rotas de navegação
Paula et. al (2022)	Lógica Fuzzy	Brasil	Velocidade do vento Distância da rede de transmissão Profundidade Localização de unidades

Referência	Ferramenta de análise	País	Subcritérios
			de conservação Áreas prioritárias
Silva (2019)	AHP	Brasil	Velocidade do vento Profundidade Distância da costa Distância de portos

Fonte: elaborado pelo Autor.

Em um estudo de caso no Vietnã, foi realizada a análise multicritério com a ferramenta baseada em lógica Fuzzy. Nesse caso, foram considerados dez critérios diferentes para alimentar o modelo de lógica Fuzzy que auxilia na tomada de decisão da localização da fazenda de energia eólica offshore (Le e Nhieu, 2022). Também utilizando a lógica Fuzzy, foi realizado um estudo de caso na Croácia. Nesse estudo foram utilizados apenas seis critérios que estão no Quadro 1 (Racetin, 2023).

Ao utilizar uma ferramenta baseada em lógica Fuzzy, um estudo brasileiro realizado por Paula et al. (2022), indicou 25 localidades onde é mais favorável a implantação de uma fazenda eólica offshore. Para isso, foram utilizados os critérios descritos na tabela 4. O uso da AHP também se destaca na utilização para seleção de áreas para a implantação de uma fazenda eólica *offshore*, conforme o estudo de Silva (2019), a tabela 5 apresenta os critérios utilizados.

A AHP se mostra uma análise utilizada amplamente nos estudos de análise para a tomada de decisão em casos de implantação de usinas eólicas *offshore* em todo o mundo a partir de determinados critérios. Considerando o que foi exposto, o presente trabalho utilizará a metodologia de AHP para a tomada de decisão sobre a implantação de uma usina eólica *offshore* em determinada no Brasil com base em critérios e subcritérios.

4 METODOLOGIA

O método AHP foi desenvolvido por Tomas L. Saaty e é o método de tomada de decisão multicritério mais utilizado e conhecido. Esse método se baseia na decomposição e divisão de um problema complexo em fatores capazes de serem claros e dimensionáveis (Marins; Souza e Barros, 2009). De acordo com Costa (2002), pode-se dividir esse método em três etapas de pensamento analítico:

Construção de hierarquias: no método AHP, os problemas são organizados em níveis hierárquicos para facilitar a compreensão e avaliação dos mesmos. A estrutura hierárquica permite uma visão global dos problemas e suas interações, o que auxilia na avaliação dos critérios.

Definição de prioridades: é fundamentado na percepção do ser humano sobre a situação observada e sua capacidade de comparar e julgar seus pesos. Para isso, deve-se utilizar a escala de Saaty para o julgamento *par a par* dos elementos.

Tabela 1 – Escala de Saaty.

Escala numérica	Escala Conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro
7	Muito forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro e tal importância pode ser observada na prática
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor
2,4,6,8	-	Valores intermediários entre dois julgamentos utilizados quando o decisor sentir dificuldade entre os dois graus de importância adjacentes

Fonte: Saaty (1990).

A quantidade de julgamentos por par de critérios necessários para compor a matriz de julgamento A é de $n(n-1)/2$ onde n é a dimensão da matriz quadrada $n \times n$. Os elementos das matrizes devem seguir algumas condições:

$$i) a_{ij} > 0$$

$$ii) a_{ij} = 1/a_{ji} \text{ quando } i \neq j$$

$$iii) a_{ij} = a_{ji} \text{ quando } i = j$$

A normalização dos critérios T se dá pelo cálculo da Equação (1):

$$T_j = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

onde i é a linha da matriz de julgamento A, j é a coluna e n é a dimensão da matriz de julgamento A.

A prioridade local P é dada por (2):

$$P_j = \frac{\sum_{j=1}^n T_j}{n} \quad (2)$$

O próximo passo é calcular o maior autovalor da matriz de julgamento pela equação (3):

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n T_j \times P_j \quad (3)$$

Avaliação da consistência: Mesmo quando o julgamento par-a-par é realizado por alguém que domine o assunto, inconsistências de julgamento podem acontecer e a inconsistência é uma fato inerente ao ser humano e, portanto, deve existir uma tolerância para a aceitação. Assim, a avaliação da consistência é uma forma de mensurar o grau de inconsistência de uma matriz e o uso da razão de consistência é uma alternativa para avaliar se uma matriz pode ser considerada consistente ou não. Segundo Saaty (1990), deve-se aceitar julgamentos que gerem uma inconsistência com $RC < 0,1$.

Segundo Ribeiro (2016), o índice de consistência CI pode ser calculado por (4):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

E a razão de consistência CR pode ser calculada por (5):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

onde RI está na tabela 2 que contém os índices randômicos calculados pelo laboratório Oak Ridge para matrizes recíprocas quadradas de ordem n .

Tabela 2 – Tabela de índices de consistência aleatória.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1990)

O processo de definição de critérios e subcritérios foi realizado considerando os fatores elencados nos estudos de casos de Wu et al (2020) e em Le e Nhieu (2022), bem como, no documento “Roadmap Eólica Offshore Brasil: Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima” da EPE (2020).

A partir desses estudos de casos, inclui-se cinco critérios abrangentes os quais abrigam subcritérios específicos que devem ser considerados para instalação de uma usina eólica *offshore* em uma consideração genérica, ou seja, sem considerar especificidades de cada região do imenso litoral brasileiro, para até a profundidade de 50 metros.

Essas categorias foram divididas em: localização, ambiental, socioeconômico, legislação e custos (Quadro 2). Em localização, deseja-se cobrir as questões referentes a locais com restrições de construções e a infraestrutura da região que se deseja considerar para a avaliação na AHP. Já nos critérios ambiental e socioeconômico são avaliados os fatores que podem impactar em toda a fauna e flora do local bem como os recursos naturais da região e também os impactos na população próxima ao possível local do empreendimento, respectivamente.

Por fim, é necessário considerar a legislação em todas as suas esferas (municipal, estadual e federal) que o empreendimento deve respeitar para que seja possível a construção e os custos monetários necessários em cada fase do projeto, incluindo desde licenciamento, implantação e operação até a fase de descomissionamento (Tereza, 2019). O Quadro 2 resume os critérios, subcritérios e os motivos para sua escolha.

Quadro 2 - Critérios escolhidos.

Critério	Subcritério	Justificativa
Localização	Presença de portos	A presença de portos é importante para a Instalação e operação (logística)
	Conexão a rede	A distância para a conexão com a rede de transmissão de energia é importante para o local onde um parque eólico poderá ser implantado (fator importante no custo de instalação do sistema)
	Áreas militar/preservação ambiental	Áreas na superfície do mar ou zona costeira onde há limitação de construção de estruturas, ou necessidade de cuidados especiais na Instalação do projeto
	Presença de outros empreendimentos	A presença de empreendimentos como plataformas de petróleo ou cabos na superfície do solo aquático devem ser levados em consideração
Ambiental	Tipo de solo (físico)	Tipo de solo onde será feito a fundação dos aerogeradores(caracterização do leito oceânico, impacto na tecnologia utilizada e no tipo de fundação)
	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	Avaliação do impacto da presença dos aerogeradores na fauna marinha
	Aves (biológico)	Avaliação do impacto da presença dos aerogeradores na migração de aves

Critério	Subcritério	Justificativa
	Geração de resíduos	Poluição química ou por óleo, causada por acidente em mar aberto
	Vento	Avaliação do recurso natural disponível
Socioeconômico	Área de restrição ao uso	Interferência nas atividades pesqueiras, turísticas, navegação e outros usos.
	Geração de empregos	Novas oportunidades e postos de trabalhos para a região
	Impacto visual	A presença dos aerogeradores na paisagem da região
	Impacto sonoro	Ruídos causados pelos aerogeradores
	Aceitação social	Comunidades locais/ONGs podem se mostrar contrárias ao empreendimento
Legislação	Segurança jurídica	Por não ter um PL aprovado, pode-se passar por questionamentos que não estão pacificados por nenhuma lei.
	Leis federais, estaduais e municipais	Dependendo da esfera, uma determinada lei de uma localidade pode ser decisiva para a escolha do local um empreendimento
Custos	Licenciamento	Custos com documentos e estudos iniciais
	Instalação	Custos relacionados a instalação dos aerogeradores e demais componentes
	Operação e manutenção	Custos relacionados a operação e manutenção do parque eólico offshore
	Descomissionamento	Custos relacionados ao descomissionamento do parque eólico offshore

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a definição dos critérios, deve-se avaliar a importância de cada critério. O cálculo das prioridades das alternativas é feito por meio da matriz de julgamentos, mas dessa vez as comparações são entre as alternativas adotadas utilizando cada critério como julgamento entre eles, ou seja, para cada critério, deve-se avaliar os graus de importância de cada alternativa utilizando a Escala de Saaty conforme a Tabela 1 (Saaty, 1990). Definiu-se os subcritérios determinando sua importância geral dentro de uma escala de 1 a 9, onde 1 é muito importante e 9 é um subcritério com pouca importância, Tabela 3.

Tabela 3 – Importância dos subcritérios considerando o objetivo de analisar a implementação da eólica offshore no Brasil.

Critério	Subcritério	Importância
Localização	Presença de portos	2
	Conexão a rede	2
	Áreas militar/preservação ambiental	8
	Presença de outros empreendimentos	7
	Tipo de solo (físico)	7
Ambiental	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	5
	Aves (biológico)	3
	Geração de resíduos	6
	Vento	1
Socioeconômico	Área de restrição ao uso	8
	Geração de empregos	6
	Impacto visual	9
	Impacto sonoro	8
	Aceitação social	9
Legislação	Segurança jurídica	5
	Leis federais, estaduais e municipais	1
	Licenciamento	3
Custos	Instalação	1
	Operação e manutenção	4
	Descomissionamento	5

Fonte: elaborado pelo autor.

Três critérios foram considerados os mais importantes. O vento, por ser o recurso energético utilizado na energia eólica, foi considerado o subcritério mais importante dentre todos os elencados. Já que sem a presença de vento, não existe a possibilidade do parque *offshore* ser viável. O custo de instalação do parque eólico *offshore* também foi considerado um critério com alta importância, segundo Wu et Al. (2020), o investimento inicial representa cerca de 75% do investimento total em todo o ciclo de vida de um parque *offshore*. Por fim, a

presença de legislação em todos os âmbitos (federal, estadual e municipal) também foi considerado critério muito importante, pois a definição de legislação pode alterar significativamente todo o ciclo de instalação e operação de um parque eólico.

A presença de conexão a rede e a presença de portos nas vizinhanças de um parque eólico *offshore* aparecem na literatura como aspectos importantes a serem levados em consideração quanto a instalação de um parque conforme Wu et Al. (2020) e em Le e Nhieu (2022). A presença dessas instalações próximas diminui a necessidade de construir uma infraestrutura maior próxima ao parque e se torna um critério com importância relativamente alta em relação aos demais. O licenciamento também foi considerado como critério relativamente de alta importância para um parque eólico, pois compreende toda a parte de estudo de EIA/RIMA e documentos que devem ser entregues antes da implantação iniciar, que aparecem dentro do Roadmap da EPE. Já dentro da questão ambiental, o impacto sobre aves foi definido como o de maior importância dentre os demais critérios, pois o parque eólico pode impactar na migração de aves que afetam na mortalidade das aves (KIKUCHI, 2008), mas também no impacto causado nos aerogeradores conforme destacado por Wu et. Al (2020).

A operação e manutenção, na ordem de importância, foi definida como de alta para média importância por considerar os custos de operação e manutenção durante todo o ciclo de vida do parque eólico. Como critérios de importância média, foram considerados descomissionamento e segurança jurídica por impactarem em valores monetários quando no fim do ciclo de vida de um parque conforme em Jadali (2021) ou em questões de subsídios e/ou impostos que podem ser alterados ao longo de toda a operação do mesmo, respectivamente.

Em subcritérios considerados com menor importância comparativamente para um parque eólico *offshore*, foram a geração de resíduos, já que um parque eólico gera poucos resíduos em comparação com outros empreendimentos, a geração de empregos e presença de outros empreendimentos.

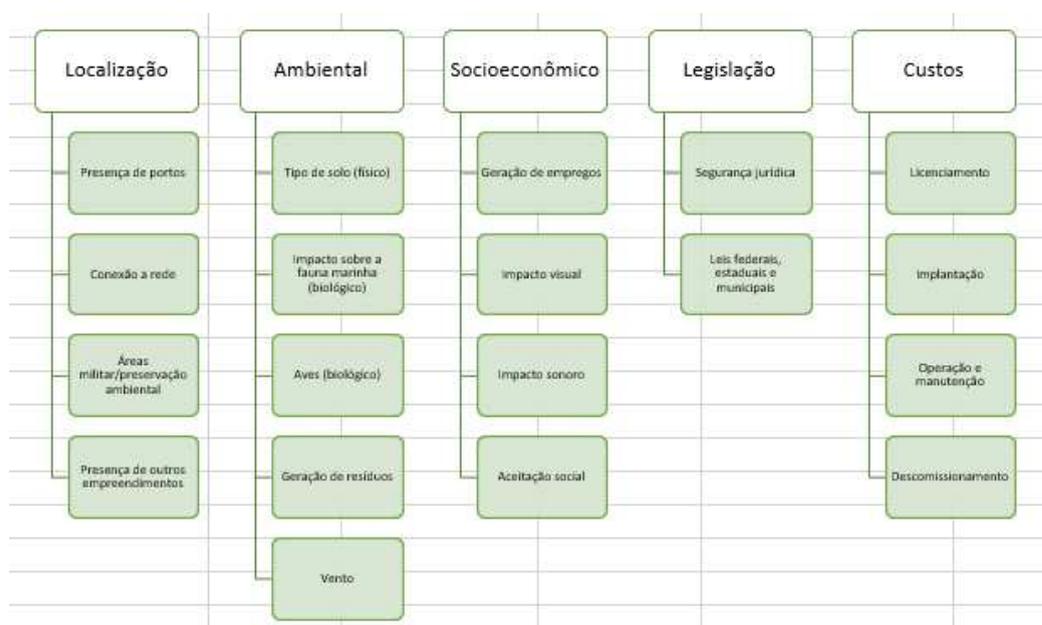
Por fim, como critérios com menor importância, foi considerado critérios como impacto sonoro, visual e aceitação social por serem impactos quase não percebidos em relação a um parque *offshore* por sua distância em relação às localidades próximas que estão em terra. Junto com esses critérios, também considerou-se baixa critérios como áreas militares e de preservação.

Com a base de importância geral definida na Tabela 3, foi possível realizar as avaliações *par a par* para determinar a importância de cada subcritério em relação aos outros utilizando-se a ferramenta Excel.

5 RESULTADOS

Após as definições dos critérios e subcritérios, que estão sumarizados na Figura 2 e a sua importância geral (definidas na Tabela 3), pode-se avaliar os subcritérios *par a par*, construir a matriz AHP (Apêndice A) e normalizar os critérios (Apêndice B) para encontrar a sua prioridade geral. De posse destes resultados, a razão de consistência da AHP foi calculada e apresentou como resultado o valor 0,0066. Esse valor é muito abaixo do valor 0,1 considerado por Saaty (1990). Assim, conclui-se que os julgamentos realizados são consistentes dentro dos limites possíveis.

Figura 2 – Critérios e subcritérios.



Fonte: elaborado pelo autor.

As prioridades gerais encontradas mostram que três subcritérios se sobressaem em relação a todos os outros subcritérios com uma prioridade geral de cerca de 15,09% (Tabela 4). Entre esses subcritérios, se encontra o vento que é o recurso eólico necessário para a produção de energia eólica. O vento é um critério frequentemente citado como um dos mais importantes na literatura por determinar a capacidade de geração de uma parque eólico como pode ser visto na análise realizada por Wu et al. (2020) que o coloca como critério mais importante para a sua análise para um empreendimento *offshore* junto com os custos de instalação que também é outro subcritério que se encontra entre os três com maior prioridade geral na análise realizada.

Tabela 4 – Prioridades gerais encontradas na análise multicritério.

Critério	Subcritério	Importância
Localização	Presença de portos	8,20%
	Conexão a rede	8,20%
	Áreas militar/preservação ambiental	1,88%
	Presença de outros empreendimentos	2,22%
	Tipo de solo (físico)	2,22%
Ambiental	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	2,97%
	Aves (biológico)	5,00%
	Geração de resíduos	2,51%
	Vento	15,09%
Socioeconômico	Área de restrição ao uso	1,88%
	Geração de empregos	2,51%
	Impacto visual	1,68%
	Impacto sonoro	1,68%
	Aceitação social	1,68%
	Segurança jurídica	2,97%
Legislação	Leis federais, estaduais e municipais	15,09%
	Licenciamento	5,00%
Custos	Instalação	15,09%
	Operação e manutenção	3,92%
	Descomissionamento	2,97%

Fonte: elaborado pelo autor.

O terceiro critério observado com uma prioridade geral alta é a legislação em todos os seus âmbitos dentro do território brasileiro (municipal, estadual e federal). Esse subcritério se torna extremamente importante pois no Brasil ainda não há uma legislação robusta o suficiente que abrange as particularidades de parques eólicos *offshore* conforme destacado por Santestevan et al. (2021) e, por falta dessa legislação, se torna um obstáculo enorme que desafia a instalação e operação dos mesmos. Uma legislação forte e coerente traz segurança jurídica e auxilia na confiança de investidores.

O próximo grupo de subcritérios que apresentam a maior prioridade geral, próximo de 8,20%, são subcritérios que compreendem o critério “Localização”. Esses critérios estão ligados à questão conexão com a rede de transmissão de energia elétrica para escoamento da energia gerada e presença de portos próximo a localidade. Para a literatura, nota-se algumas diferenças, por exemplo, em Racetin (2023) o critério de presença de portos foi considerado mais importante, a ponto de ter quase a mesma importância do recurso eólico, que o critério de distância da conexão com a rede. Isso difere bastante dos resultados da análise realizada neste trabalho.

O primeiro subcritério de impacto ambiental que aparece é o impacto causado nas aves. Notadamente durante o fluxo migratório das mesmas. Nota-se que, dos impactos ambientais levantados durante a metodologia que podem acontecer durante a instalação e operação de um parque eólico este é o que apresenta a prioridade geral mais alta, o impacto nas aves tem o seu valor geral muito mais baixo que os demais subcritérios vistos anteriormente pois um parque eólico pode ser dito uma fonte de energia sustentável e limpa com impactos ambientais menos significativos que outras fontes de energia.

Os demais subcritérios apresentam uma prioridade geral muito baixa, dentro da faixa de 1 a 3%. Pode-se apontar que todos os subcritérios que compreende o critério “Socioeconômico” estão dentro dessa faixa de prioridade geral. Pode-se concluir que, como os empreendimentos *offshore* se encontram geograficamente mais distantes das comunidades, o peso desses critérios é bastante reduzido pois não afeta o cotidiano das comunidades ao redor do mesmo com o impacto sonoro, visual e a aceitação social do mesmo.

Em uma análise mais geral da AHP, nota-se que os três subcritérios mais importantes sozinhos são dominantes em relação a todos os demais subcritérios com cerca de metade da prioridade geral de um empreendimento (45,27%). Em relação a esses três subcritérios, pode-se perceber que são associados a critérios diferentes na figura 1 com cada um sendo um desdobramento dos critérios “Ambiental”, “Legislação” e “Custos”. Assim, pode-se dizer que para a análise da instalação e operação de um parque eólico *offshore* depende de uma análise complexa e interdisciplinar considerando diversas áreas. Por fim, o critério que apresenta menor importância em relação a análise é o socioeconômico que avalia o impacto que um empreendimento causa na sociedade que vive em torno, pois os parques eólicos *offshore* se encontram mais distantes das comunidades.

6 CONCLUSÃO

Os critérios para implementação da energia eólica offshore no Brasil ainda não estão totalmente mapeados e mensurados em questão de importância frente a uma decisão de investimento.

Dessa forma o presente trabalho contribui para avaliar possíveis critérios e subcritérios e o seu grau de importância. Diferentes aspectos sobre a energia eólica offshore foram levantados pela literatura de outros países e também o Roadmap da EPE foram selecionados neste trabalho e organizados hierarquicamente através da metodologia AHP.

Como resultado, atingiu-se o objetivo de determinar os subcritérios mais importantes para o contexto brasileiro. Entre os 20 subcritérios mapeados, os seguintes subcritérios demonstram ser mais importantes para uma tomada de decisão: custos de instalação, recurso eólico e leis em diversos âmbitos que fazem parte de diferentes critérios: custos, ambiental e legislação. O que demonstra a complexidade ao analisar a viabilidade de um empreendimento.

Em contrapartida, os subcritérios socioeconômicos mostraram-se pouco importantes frente à decisão de um parque eólico offshore. Essa pouca importância se deve ao fato da grande distância que as comunidades próximas acabam sendo pouco impactadas em relação a ruídos e visualmente.

Em trabalhos futuros, recomenda-se a análise de sensibilidade da AHP com objetivo de identificar a robustez das prioridades dos critérios e a aplicação da AHP para a análise no processo de decisão para a realização de um empreendimento em diferentes localidades.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Energia Eólica os Bons Ventos do Brasil**. 2024. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/>> . Acesso em: 24 mai. 2024.

AKBARI, Negar. et al. A multi-criteria port suitability assessment for developments in the offshore wind industry. **Renewable Energy**, v. 102, p. 118–133, mar. 2017.

BISHOP, I. D.; MILLER, D. R. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. **Renewable Energy**, v. 32, n. 5, p. 814–831, 2007

BRASIL. DECRETO Nº 10.946, DE 25 DE JANEIRO DE 2022. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 25 jan. 2022.

COLETTA, Nicholas Della. et al. Avaliação de oportunidades e tecnologias de energia eólica offshore no Brasil. **Anais do XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 10 out. 2022.

COSTA, Helder Gomes. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. **Niterói: HGC**, 2002.

DO ROSÁRIO, Denise de Almeida Pires et al. Sinergia dos setores de petróleo e eólico offshore para desenvolvimento e descarbonização da economia azul no Brasil. **Revista da EGN**, v. 27, n. 3, p. 753-782, 2021.

EPE. **Roadmap Eólica Offshore Brasil: Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima**. Brasil. 2020.

IBAMA. Diretoria de Licenciamento Ambiental. **TERMO DE REFERÊNCIA: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental - Tipologia COMPLEXOS EÓLICOS MARÍTIMOS (OFFSHORE)**. Brasil, 2020.

JADALI, A. M. et al. Decommissioning vs. repowering of offshore wind farms—a techno-economic assessment. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 112, p. 2519-2532, 2021.

JAVARINI, Natacha Sousa; GOMES, Vanielle Aparecida do Patrocinio; DE FREITAS, Rodrigo Randow. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP EM INDICADORES DE POTENCIALIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS. **Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE**, p. 17–30, 8 fev. 2021.

LE, Minh-Tai; NHIEU, Nhat-Luong. An Offshore Wind–Wave Energy Station Location Analysis by a Novel Behavioral Dual-Side Spherical Fuzzy Approach: The Case Study of Vietnam. **Applied sciences**, v. 12, n. 10, p. 5201–5201, 20 mai. 2022.

KIKUCHI, Ryunosuke. Adverse impacts of wind power generation on collision behaviour of birds and anti-predator behaviour of squirrels. **Journal for Nature Conservation**, v. 16, n. 1, p. 44-55, 2008.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. **Xli Sbp**, v. 1, p. 49, 2009.

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, 30 jul. 2022.

NORONHA, M. et al. O papel do ecossistema de inovação e a estruturação de um arcabouço regulatório para o mercado de energia eólica offshore no Brasil. **International Journal of Business and Marketing**, v. 6, n. 2, p. 32–51, 30 dez. 2021.

PAULA, K. F. et al. Lógica Fuzzy e Geoprocessamento para Instalação de Usinas Eólicas Offshore nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos**, 1 jan. 2022.

RACETIN, Ivana et al. Fuzzy Multi-Criteria Decision for Geoinformation System-Based Offshore Wind Farm Positioning in Croatia. **Energies**, v. 16, n. 13, p. 4886, 2023.

RIBEIRO, Maria Celeste de Carvalho Ressiguer; DA SILVA ALVES, Alex. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. **Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 3, p. 270-281, 2016.

SAATY, Thomas L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

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

SILVA, Amanda Jorge Vinhoza de Carvalho. **POTENCIAL EÓLICO OFFSHORE NO BRASIL: LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS NOBRES ATRAVÉS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2019

TEREZA, Jaymara Chagas. **Levantamento de opinião sobre o descomissionamento de parques eólicos no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Engenharia de Energia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 44p., 2019.

WU, Y. 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, fev. 2020.

APÊNDICE A – MATRIZ AHP

Critérios	Subcritérios	Localização				Ambiental					Socioeconômico					Legislação		Custos			
		Presença de portos	Conexão a rede	Áreas militar/preservação ambiental	Presença de outros	Tipo de solo	Impacto sobre a fauna marinha	Aves (biológico)	Geração de	Vento	Área de restrição ao	Geração de empregos	Impacto visual	Impacto sonoro	Aceitação social	Segurança jurídica	Leis federais, estaduais e municipais	Licenciamento	Instalação	Operação e manutenção	Descomissionamento
Localização	Presença de portos	1	1	4	4	4	3	2	3	1/2	4	3	5	4	5	3	1/2	2	1/2	2	3
	Conexão a rede	1	1	4	4	4	3	2	3	1/2	4	3	5	4	5	3	1/2	2	1/2	2	3
	Áreas militar/preservação ambiental	1/4	1/4	1	1	1	1/2	1/3	1	1/8	1	1	1	1	1/2	1/8	1/3	1/8	1/2	1/2	
	Presença de outros empreendimentos	1/4	1/4	1	1	1	1	1/2	1	1/7	1	1	1	1	1	1/7	1/2	1/7	1/2	1	
Ambiental	Tipo de solo (físico)	1/4	1/4	1	1	1	1	1/2	1	1/7	1	1	1	1	1	1/7	1/2	1/7	1/2	1	
	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	1/3	1/3	2	1	1	1	1/2	1	1/5	2	1	2	2	1	1/5	1/2	1/5	1	1	
	Aves (biológico)	1/2	1/2	3	2	2	2	1	2	1/3	3	2	3	3	2	1/3	1	1/3	1	2	
	Geração de resíduos	1/3	1/3	1	1	1	1	1/2	1	1/6	1	1	2	1	2	1/6	1/2	1/6	1/2	1	
Socioeconômico	Vento	2	2	8	7	7	5	3	6	1	8	6	9	8	5	1	3	1	4	5	
	Área de restrição ao uso	1/4	1/4	1	1	1	1/2	1/3	1	1/8	1	1	1	1	1/2	1/8	1/3	1/8	1/2	1/2	
	Geração de empregos	1/3	1/3	1	1	1	1	1/2	1	1/6	1	1	2	1	2	1/6	1/2	1/6	1/2	1	
	Impacto visual	1/5	1/5	1	1	1	1/2	1/3	1/2	1/9	1	1/2	1	1	1/2	1/9	1/3	1/9	1/2	1/2	
Legislação	Impacto sonoro	1/4	1/4	1	1	1	1/2	1/3	1	1/8	1	1	1	1	1/2	1/8	1/3	1/8	1/2	1/2	
	Aceitação social	1/5	1/5	1	1	1	1/2	1/3	1/2	1/9	1	1/2	1	1	1/2	1/9	1/3	1/9	1/2	1/2	
	Segurança jurídica	1/3	1/3	2	1	1	1	1/2	1	1/5	2	1	2	2	1	1/5	1/2	1/5	1	1	
	Leis federais, estaduais e municipais	2	2	8	7	7	5	3	6	1	8	6	9	8	5	1	3	1	4	5	
Custos	Licenciamento	1/2	1/2	3	2	2	2	1	2	1/3	3	2	3	3	2	1/3	1	1/3	1	2	
	Instalação	2	2	8	7	7	5	3	6	1	8	6	9	8	5	1	3	1	4	5	
	Operação e manutenção	1/2	1/2	2	2	2	1	1	2	1/4	2	2	2	2	1	1/4	1	1/4	1	1	
	Descomissionamento	1/3	1/3	2	1	1	1	1/2	1	1/5	2	1	2	2	1	1/5	1/2	1/5	1	1	
SOMA		12,483333	12,483333	53	46	46	34,5	20,6667	40	6,5333	53	40	60	53	60	34,5	6,53336808	20,6666667	6,53294	25,5	34,5

APÊNDICE B – NORMALIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Critérios	Subcritérios	Localização					Ambiental				
		Presença de portos	Conexão a rede	Áreas militar/preservação ambiental	Presença de outros empreendimentos	Tipo de solo (físico)	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	Aves (biológico)	Geração de resíduos	Vento	
Localização	Presença de portos	0,080106809	0,080106809	0,075471698	0,086956522	0,086956522	0,086956522	0,036774194	0,075	0,076535261	
	Conexão a rede	0,080106809	0,080106809	0,075471698	0,086956522	0,086956522	0,086956522	0,036774194	0,075	0,076535261	
	Áreas militar/preservação ambiental	0,020026702	0,020026702	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,014492754	0,016129032	0,025	0,019133815	
Ambiental	Presença de outros empreendimentos	0,020026702	0,020026702	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,021867217
	Tipo de solo (físico)	0,020026702	0,020026702	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,021867217
	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)	0,02670227	0,02670227	0,037735849	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,030614104	
	Aves (biológico)	0,040053405	0,040053405	0,056603774	0,043478261	0,043478261	0,057971014	0,048387097	0,05	0,051023507	
	Geração de resíduos	0,02670227	0,02670227	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,025511754	
	Vento	0,160213618	0,160213618	0,150943396	0,152173913	0,152173913	0,144927536	0,14516129	0,15	0,153070522	
Socioeconômico	Área de restrição ao uso	0,020026702	0,020026702	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,014492754	0,016129032	0,025	0,019133815	
	Geração de empregos	0,02670227	0,02670227	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,025511754	
	Impacto visual	0,016021362	0,016021362	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,014492754	0,016129032	0,025	0,017007836	
	Impacto sonoro	0,020026702	0,020026702	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,014492754	0,016129032	0,025	0,019133815	
	Aceitação social	0,016021362	0,016021362	0,018867925	0,02173913	0,02173913	0,014492754	0,016129032	0,025	0,017007836	
	Segurança jurídica	0,02670227	0,02670227	0,037735849	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,030614104	
Legislação	Leis federais, estaduais e municipais	0,160213618	0,160213618	0,150943396	0,152173913	0,152173913	0,144927536	0,14516129	0,15	0,153070522	
	Licenciamento	0,040053405	0,040053405	0,056603774	0,043478261	0,043478261	0,057971014	0,048387097	0,05	0,051023507	
Custos	Instalação	0,160213618	0,160213618	0,150943396	0,152173913	0,152173913	0,144927536	0,14516129	0,15	0,153070522	
	Operação e manutenção	0,040053405	0,040053405	0,037735849	0,043478261	0,043478261	0,057971014	0,048387097	0,05	0,051023507	
	Descomissionamento	0,02670227	0,02670227	0,037735849	0,02173913	0,02173913	0,028985507	0,024193548	0,025	0,030614104	

Socioeconômico		Legislação				Custos				Descomissionamento	PRIORIDADE PERCENTUAL		
Área de restrição ao uso	Geração de empregos	Impacto visual	Impacto sonoro	Aceitação social	Segurança jurídica	Leis federais, estaduais e municipais	Licenciamento	Instalação	Operação e manutenção				
0,075471698	0,075	0,08333333	0,075471698	0,08333333	0,086956522	0,076535261	0,09677419	0,076535261	0,078431373	0,086956522	0,081983	8,20%	Presença de portos
0,075471698	0,075	0,08333333	0,075471698	0,08333333	0,086956522	0,076535261	0,09677419	0,076535261	0,078431373	0,086956522	0,081983	8,20%	Conexão a rede
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,014492754	0,019133815	0,01612903	0,019133815	0,019607843	0,014492754	0,018811	1,88%	Áreas militar/preservação ambiental
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,028985507	0,021867217	0,02419355	0,021867217	0,019607843	0,028985507	0,022201	2,22%	Presença de outros empreendimentos
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,028985507	0,021867217	0,02419355	0,021867217	0,019607843	0,028985507	0,022201	2,22%	Tipo de solo (físico)
0,037735849	0,025	0,03333333	0,037735849	0,03333333	0,028985507	0,030614104	0,02419355	0,030614104	0,039215686	0,028985507	0,029658	2,97%	Impacto sobre a fauna marinha (biológico)
0,056603774	0,05	0,056603774	0,056603774	0,056603774	0,057971014	0,051023507	0,0483871	0,051023507	0,039215686	0,057971014	0,049992	5,00%	Aves (biológico)
0,018867925	0,025	0,03333333	0,018867925	0,03333333	0,028985507	0,025511754	0,02419355	0,025511754	0,019607843	0,028985507	0,025082	2,51%	Geração de resíduos
0,150943396	0,15	0,15	0,150943396	0,15	0,144927536	0,153070522	0,14516129	0,153070522	0,156862745	0,144927536	0,150939	15,09%	Vento
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,014492754	0,019133815	0,01612903	0,019133815	0,019607843	0,014492754	0,018811	1,88%	Área de restrição ao uso
0,018867925	0,025	0,03333333	0,018867925	0,03333333	0,028985507	0,025511754	0,02419355	0,025511754	0,019607843	0,028985507	0,025082	2,51%	Geração de empregos
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,014492754	0,017007836	0,01612903	0,017007836	0,019607843	0,014492754	0,016841	1,68%	Impacto visual
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,014492754	0,019133815	0,01612903	0,019133815	0,019607843	0,014492754	0,018811	1,88%	Impacto sonoro
0,018867925	0,025	0,01666667	0,018867925	0,01666667	0,014492754	0,017007836	0,01612903	0,017007836	0,019607843	0,014492754	0,016841	1,68%	Aceitação social
0,037735849	0,025	0,03333333	0,037735849	0,03333333	0,028985507	0,030614104	0,02419355	0,030614104	0,039215686	0,028985507	0,029658	2,97%	Segurança jurídica
0,150943396	0,15	0,15	0,150943396	0,15	0,144927536	0,153070522	0,14516129	0,153070522	0,156862745	0,144927536	0,150939	15,09%	Leis federais, estaduais e municipais
0,056603774	0,05	0,056603774	0,056603774	0,056603774	0,057971014	0,051023507	0,0483871	0,051023507	0,039215686	0,057971014	0,049992	5,00%	Licenciamento
0,150943396	0,15	0,15	0,150943396	0,15	0,144927536	0,153070522	0,14516129	0,153070522	0,156862745	0,144927536	0,150939	15,09%	Instalação
0,037735849	0,05	0,03333333	0,037735849	0,03333333	0,028985507	0,030614104	0,02419355	0,030614104	0,039215686	0,028985507	0,039234	3,92%	Operação e manutenção
0,037735849	0,025	0,03333333	0,037735849	0,03333333	0,028985507	0,030614104	0,02419355	0,030614104	0,039215686	0,028985507	0,029658	2,97%	Descomissionamento
											1	100,00%	