

**UNIVERSIDADE POSITIVO**

**CLAYTON DIEGO DA LUZ**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA ENERGIA  
EÓLICA EM TERRA E EM MAR ABERTO UTILIZANDO A MATRIZ DE  
LEOPOLD**

**CURITIBA**

**2019**

**CLAYTON DIEGO DA LUZ**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA ENERGIA  
EÓLICA EM TERRA E EM MAR ABERTO UTILIZANDO A MATRIZ DE  
LEOPOLD**

Projeto de dissertação apresentado como requisito para o curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo.

Orientador: Prof. Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho, Dr.

**CURITIBA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca da Universidade Positivo - Curitiba – PR  
Elaborada pela Bibliotecária Damaris Cardoso de Oliveira Vieira (CRB-9/201803/P)

L979 Luz, Clayton Diego da.  
Avaliação dos impactos ambientais gerados pela energia eólica em terra e em mar aberto utilizando a matriz de Leopold. / Clayton Diego da Luz. — Curitiba : Universidade Positivo, 2019.  
102 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Positivo, Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho.

1. Gestão Ambiental. 2 Energia eólica. 3. Costa. 4. Impacto ambiental – Avaliação. I. Carvalho Filho, Marco Aurélio da Silva.  
II. Título.

CDU 621.311.24(043.3)

## RESUMO

Devido à alta demanda por energia elétrica nas últimas décadas, investimentos na área energética são necessários. Porém os meios mais usuais de produção (hidroelétrica, nuclear, termoelétricas) possuem custos de implantação e manutenção elevados e implicam em grandes impactos ambientais. A energia eólica tem tido grande participação no campo de investimento nos modais energéticos, devido ao custo moderado e baixo impacto ambiental, porém a produção de energia eólica em terra (*onshore*) apresenta inúmeros desafios em relação à disponibilidade de solo e a localização a qual deve ser implantada. Para minimizar diversos aspectos negativos da modalidade eólica em terra desenvolveu-se uma nova modalidade de produção de energia eólica, que na última década vem sendo utilizada em larga escala por vários países europeus, o modelo de produção de energia elétrica eólica em mar aberto (*offshore*), que consiste na instalação de fazendas ou parques eólicos nas costas marítimas, á qual é creditado soluções para problemas ambientais e logísticos apresentados pelo sistema eólico em terra, além de uma maior capacidade de geração de energia elétrica. Utilizando estudo descritivo e quantitativo, este trabalho se propôs em determinar se a afirmação de que o modelo eólico em mar aberto possui menor fator de impacto ambiental é verdadeira ou falsa através da avaliação dos impactos ambientais em cada uma das modalidades eólicas utilizando informações retiradas de artigos científicos, bibliografias e estudos de impactos. Através dessa avaliação determinou-se a causa, momento e forma que o impacto atua no meio físico, biológico e socioeconômico. Partindo desta identificação foi possível realizar a quantificação dos impactos através da utilização da Matriz de Leopold, a qual possibilitou a mensuração dos parâmetros Magnitude, Significância e Importância de cada impacto. O resultado da mensuração desses três parâmetros identificou a modalidade eólica em mar aberto como sendo a modalidade com menor impacto ambiental. Sendo assim a hipótese de que a modalidade eólica em mar aberto possui menor impacto ambiental que a modalidade em terra é verdadeira.

**Palavras-chave:** Energia eólica. Energia eólica em mar aberto. Impacto ambiental. Matriz de Leopold.

## ABSTRACT

Due to the high demand for electric energy in the last decades, investments in the energy area are necessary. However, the most usual means of production (hydroelectric, nuclear, thermoelectric) have high implantation and maintenance costs and imply large environmental impacts. Wind energy has been a major player in the field of investment in energy modals, due to the moderate cost and low environmental impact, but the onshore wind energy production presents numerous challenges regarding the availability of soil and the location to which it be implemented. In order to minimize several negative aspects of the onshore wind modality, a new modality of wind energy production has been developed, which in the last decade has been used in large scale by several European countries, the model of offshore wind), which consists of the installation of farms or wind farms on the seafront, which is credited with solutions to environmental and logistic problems presented by the onshore wind system, in addition to a greater capacity to generate electricity. Using a descriptive and quantitative study, this paper aims to determine if the assertion that the open ocean wind model has a lower environmental impact factor is true or false through the evaluation of the environmental impacts in each of the wind modalities using information taken from articles scientific, bibliographical and impact studies. Through this evaluation was determined the cause, moment and form that the impact acts in the physical, biological and socioeconomic environment. Based on this identification, it was possible to quantify the impacts using the Leopold Matrix, which enabled the measurement of the parameters Magnitude, Significance and Importance of each impact. The result of the measurement of these three parameters identified the open ocean wind modality as the modality with the lowest environmental impact. Thus the hypothesis that the open ocean wind modality has a lower environmental impact than the onshore modality is true.

**Keywords:** Wind energy. Offshore wind energy. Environmental impact. Matrix of Leopold.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos métodos de avaliação de impacto ambiental.....	43
Quadro 2 - Matriz de Leopold: fases de execução e mecanismo de impacto .....	56
Quadro 3 - Matriz de interação Magnitude x Importância.....	58
Quadro 4 - Aspectos e impactos na energia eólica em terra .....	60
Quadro 5 - Aspectos e impactos na energia eólica em mar aberto .....	63
Quadro 6 - Análise de impactos na energia eólica em mar aberto .....	67
Quadro 7 - Análise de Impactos na Energia Eólica em Terra .....	68
Quadro 8 – Resultado da avaliação de impactos ambientais.....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Leopold: análise da importância.....	53
Tabela 2 - Matriz de Leopold: coeficiente de frequência/probabilidade .....	53
Tabela 3 - Matriz de Leopold: índice de magnitude .....	57

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1 ENERGIA EÓLICA.....	15
2.2 ENERGIA EÓLICA EM MAR ABERTO.....	18
2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	20
<b>2.3.2 Energia eólica em terra.....</b>	<b>29</b>
<i>2.3.2.1 Impactos no meio social.....</i>	<i>29</i>
<i>2.3.2.2 Danos à fauna.....</i>	<i>30</i>
<i>2.3.2.3 Impactos no meio físico.....</i>	<i>31</i>
<b>2.3.3 Energia eólica em mar aberto.....</b>	<b>32</b>
<i>2.3.3.1 Impacto visual.....</i>	<i>33</i>
<i>2.3.3.2 Impacto de ruído.....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.3.3 Ruído de construção e desativação.....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.3.4 Ruído operacional.....</i>	<i>36</i>
<i>2.3.3.5 Aves marinhas.....</i>	<i>38</i>
<i>2.3.3.6 Morcegos.....</i>	<i>38</i>
<i>2.3.3.7 Sedimentos marinhos.....</i>	<i>38</i>
<i>2.3.3.8 Estruturas submarinas.....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.3.9 Mudanças climáticas.....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.3.10 Pesquisas destacadas.....</i>	<i>39</i>
2.4 METODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	41
2.5 MATRIZ DE LEOPOLD.....	45
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>49</b>
3.1 RECONHECIMENTO DOS IMPACTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS MODAIS EÓLICOS.....	50
3.2 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ DE LEOPOLD.....	52
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>59</b>
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MECANISMOS DE IMPACTO.....	59
4.2 ANÁLISE PELA MATRIZ DE LEOPOLD.....	66
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>



<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE A - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENHIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR .....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE B - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENHIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE C - ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA DO IMPACTO EM MAR ABERTO .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE D - ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA DO IMPACTO EM TERRA.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE E - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENHIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR PELA MATRIZ DE LEOPOLD .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE F - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENHIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR PELA MATRIZ DE LEOPOLD .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE G - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO EM TERRA.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE H - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO EM MAR ABERTO.....</b>	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário mundial atual aponta para uma demanda crescente do consumo de energia elétrica, devido ao aumento da população mundial e da produção de insumos cada vez mais acelerada. Para atender essa demanda, é feito o uso de usinas nucleares, termoelétricas e hidroelétricas. Devido ao alto custo de construção, operação, desenvolvimento tecnológico, protocolos internacionais, diretrizes governamentais e inúmeros impactos ambientais que os modelos usuais apresentam, cria-se a necessidade de investimentos em outras formas de produção de energia elétrica. Esses novos modelos conhecidos como Energia Limpa, caracterizam-se principalmente pelo custo acessível de construção, utilização de fontes renováveis, baixo impacto ambiental e baixa emissão de gás carbônico, entre essas modalidades destaca-se a energia solar, a energia eólica e a energia por ondas.

Entre os modelos de geração de energia limpa, a modalidade de geração de energia eólica apresenta-se em maior crescimento. Esse crescimento considerável da participação da energia eólica no mundo está relacionado a diversos fatores, entre os principais estão a necessidade dos países de possuírem uma fonte de geração de energia segura, com baixo custo de instalação (que vem diminuindo com os avanços tecnológicos), emissão quase nula de gás carbônico e outros gases poluentes e aos baixos impactos ambientais na fase de operação, além de atender diretrizes de alteração de matrizes elétricas e protocolos internacionais que visam aumentar a participação de matrizes renováveis, aumentar a acessibilidade à energia elétrica e modernizar o sistema de fornecimento.

Relatórios da *Global Wind Energy Council* demonstraram que nos últimos quinze anos a capacidade eólica de produção passou de 6,1 GW para 238,4 GW, aproximadamente 17 hidrelétricas Itaipu, e mesmo com as crises financeiras o setor apresentou crescimento de 12,5% em 2015 (GWEC, 2015). A Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA), nos relatórios de 2015 e 2016, identificou um crescimento elevado na implantação da energia eólica no mundo. Os relatórios apontaram que 90 países já utilizavam energia eólica, dez deles apresentam produção superior a 10 GW, entre eles a China se destacando com a maior capacidade produtiva, com 170 GW, seguida por EUA com 83 GW e Alemanha com 50 GW. Para comparação de crescimentos pode-se observar que no ano de 2007 a capacidade produtiva mundial era de 59 GW, em 2008 era de 120 GW, em 2016 era de 486 GW e a previsão para o ano de 2021 atinge a marca de 808 GW (WWEA, 2016).

Atualmente duas modalidades eólicas são aplicadas no mundo, as modalidades em terra (*onshore*), e a modalidade em mar aberto (*offshore*). A modalidade em terra caracteriza-

se pela utilização de grandes territórios, sendo inviável para países de pequena dimensão devido à baixa disponibilidade de solo para implantação dos parques eólicos. O sistema em mar aberto é apresentado como uma alternativa para o sistema em terra, sendo instalado no mar a uma distancia da costa marítima, tendo maior capacidade de geração de energia elétrica, e apresenta diversas soluções para os impactos causados pelo sistema em terra, sendo apresentado como uma solução com menor impacto ambiental, apesar de que nenhum estudo de avaliação quantitativo comparando os impactos das duas modalidades eólicas foi encontrado na revisão literária realizada nas plataformas de pesquisa científicas Capes, Scielo e Science Direct, onde foram selecionados 65 artigos para serem utilizados como base científica nesse trabalho que tratavam sobre impactos ambientais em parques eólicos. Além de se tratar de uma tecnologia com aplicação recente, diversos estudos apontam que vários impactos ambientais são negligenciados ou não são de conhecimento no momento da implantação desses empreendimentos como, por exemplo, Floeter et al. (2017) que destaca o impacto da amplitude das marés na vida marinha e Hammar et al. (2014) que destaca a influencia desses empreendimentos sobre a reprodução dos peixes.

Apresenta-se então como objetivo reconhecer se afirmação de que parques eólicos em mar aberto apresentam menores impactos ambientais que os parques eólicos em terra, realizando de forma abrangente uma contemplação e avaliação de todos os impactos ambientais que possam resultar das duas modalidades eólicas independente das características particulares da localidade em que cada empreendimento possa ser implantado.

As informações e os dados utilizados na avaliação dos impactos ambientais deste estudo provem de pesquisas científicas selecionados pelas plataformas de pesquisa Scielo, Capes e Science Direct, estudos acadêmicos, estudos de impactos em empreendimentos eólicos existentes e literatura conceituada na área. A avaliação através de modelo quantitativo foi realizada utilizando a Matriz de Leopold para determinação dos coeficientes de Magnitude, Significância e Importância dos impactos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Por ser uma tecnologia pioneira a geração de energia elétrica através da modalidade eólica ainda apresenta aspectos a serem estudados e descobertos, principalmente quando se trata de empreendimentos eólicos em mar aberto, visto que o primeiro empreendimento eólico

em mar aberto foi inaugurado em 1992 no mar Báltico e desmantelado em 2017 e desde a sua implantação houve mudanças de design, mudanças tecnológicas e técnicas.

Estudos como o de Floeter et al. (2017) que destaca o impacto da amplitude das marés na vida marinha e Hammar et al. (2014) que destaca a influencia desses empreendimentos sobre a reprodução dos peixes, atribuem impactos ambientais aos empreendimentos eólicos em mar aberto que ainda são desconhecidos e negligenciados, sendo reconhecidos apenas após o momento de sua ocorrência. Apesar desse fator é atribuído como conhecimento popular por dos profissionais da área de energia e revistas especializadas como a *Global Wind Energy Council*, que energia eólica em mar aberto apresenta um fator de impacto ambiental menor que a energia eólica em terra. Porém na revisão de artigos deste trabalho realizados na plataforma de pesquisa Cappes, Scielo e Science Direct não foi encontrado nenhum estudo que comprove a afirmação de que empreendimentos eólicos em mar aberto são menos impactantes que empreendimentos eólicos em terra.

Considerando essas informações o trabalho se propõe a confirmar ou não se a hipótese de que o empreendimento eólico em mar aberto é menos impactante para o meio ambiente que o empreendimento em terra.

## 1.2 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo confirmar ou não se a hipótese de que o empreendimento eólico em mar aberto é menos impactante para o meio ambiente que o empreendimento em terra. A resolução desta hipótese foi realizada através da avaliação dos impactos ambientais nas modalidades eólicas em terra e em mar aberto considerando todos os impactos identificados pela literatura que possam existir nesses empreendimentos, desconsiderando particularidades de localidades de implantação, onde a quantificação dos impactos utilizando a Matriz de Leopold resultará em coeficientes comparativos que confirmará ou não a hipótese.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Em dezembro de 2015, em Paris, ocorreu a 21ª Conferência das Partes (COP21), nela foi traçada as ações efetivas para limitar o aumento da temperatura média do mundo em abaixo de 2°C até 2100, delimitados pelos planos nacionais de compromisso de redução de emissões conhecidos como Intended Nationally Determined Contributions (INDCs).

O balanço anual energético anual nacional brasileiro de 2017, a agência internacional de energia e a British Petroleum expõem alguns dados que exemplificam a situação do consumo de matéria para geração de energia no mundo (BRASIL, 2017):

- O mundo consumiu 96,6 Mbbl/d (milhões de barris de petróleo por dia), em 2016, com crescimento decenal de 12,6%, e equivalentes a 44 vezes o consumo do Brasil (42 vezes em 2015).
- A capacidade instalada de refino estava em 97,4 Mbbl/d de petróleo, em dez/2016 (97,2 em 2015).
- O consumo mundial de gás natural foi de 3.543 bilhões de m<sup>3</sup> em 2016, valor com crescimento decenal de 24,3%, e 95 vezes o consumo do Brasil (80 vezes em 2015).
- O consumo de carvão mineral foi de 3.732 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo), em 2016, com 13,3% de aumento nos últimos 10 anos (20,8% decênio anterior), e equivalente a 234 vezes o consumo do Brasil (200 vezes em 2015).
- Em 2016, a demanda total de energia no mundo foi de 13.729 Mtep (81,6% de combustíveis fósseis), equivalentes a 48 vezes a demanda brasileira, esta com apenas 55,1% de fósseis.
- Dos 13.729 Mtep consumidos no mundo, 32,0% foram de petróleo, 27,5% de carvão mineral, 21,8% de gás natural, 5,0% de energia nuclear, 2,5% de energia hidráulica e 11,2% de outras fontes não especificadas. As fontes renováveis somaram 13,7%, contra o indicador de 43,5% verificado no Brasil.
- Expressivos 36,1% da demanda mundial de energia, correspondentes a 4.950 Mtep, foram destinados à geração de energia elétrica, resultando em 24.790 TWh ofertados e 2.850 Mtep de perdas térmicas.
- A matriz mundial de geração elétrica de 2016 contou com 38,5% de carvão mineral, 22,8% de gás, 4,0% de óleo, 10,6% de urânio, 16,2% de hidráulica e

7,9% de outras não especificadas. As fontes renováveis somaram 24,1%, dos quais, 3,9 pontos percentuais de eólica e 1,4 de solar.

- Em 2016, o mundo emitiu 32.320 Mt de CO<sub>2</sub>, mostrando indicador de 2,35 tCO<sub>2</sub> por tep de energia consumida, indicador um pouco inferior ao verificado 10 anos atrás, de 2,37. No Brasil, o indicador de emissões ficou em 1,47 tCO<sub>2</sub>/tep (63% do indicador mundial), em razão da maior presença de fontes renováveis na sua matriz energética.
- Há extremos opostos, como os países do Golfo Pérsico, em que suas matrizes são eminentemente fósseis, e países com baixo grau de desenvolvimento, com matrizes quase totalmente renováveis. Na Arábia Saudita, por exemplo, petróleo e gás natural respondem por 100% de suas matrizes, enquanto em Moçambique, as fontes renováveis respondem por 81% da sua matriz energética (uso preponderante de lenha na cocção de alimentos) e por 86% da elétrica.
- Há países que são muito dependentes de uma só fonte. Na África do Sul, por exemplo, o Carvão Mineral ocupa 93% de sua matriz elétrica. No Uzbequistão, o Gás Natural responde por 88% de sua matriz energética. No Paraguai, a energia Hidráulica representa 100% da sua matriz elétrica.

Com base nesses dados observa-se um crescente consumo energia no mundo e apesar da redução de emissão de gás carbono nos anos de 2014, 2015 e 2016, as emissões voltaram a crescer 1,6% no ano de 2017 e 2,7% no ano de 2018 atingindo 38,1 Mt de gás carbono segundo projeção do Global Carbon Project apresentada na COP24 realizada na Polônia. Esse aumento foi atribuído as grandes economias como China, EUA e Índia que apresentaram aumento na emissão de gás carbono apesar dos inúmeros projetos previstos para execução de matrizes de energia renovável (GCP, 2017).

Essa transição energética mundial para uma economia com baixa emissão de carbono depende, significativamente, da redução da utilização de combustíveis fósseis na geração de eletricidade, que corresponde a um terço das emissões globais. O caminho para a redução das emissões de outros segmentos de consumo, como transporte e aquecimento, deve envolver maior utilização de eletricidade com carros e sistemas de aquecimento de ambiente elétricos, por exemplo, indicando que uma matriz elétrica limpa, com elevada participação de fontes renováveis, será essencial para permitir que a eletrificação do futuro reduza os níveis atuais de emissão. (LOSEKANN, 2014).

O Brasil é um dos precursores na pesquisa, desenvolvimento e uso de fontes de energia renovável. Atualmente, cerca de 42% da matriz energética nacional é composta por fontes renováveis – número que contrasta com a média mundial de 16,7%. Essas características representam vantagem comparativa fundamental, conferindo papel de destaque ao Brasil (ABEEÓLICA, 2017).

O Brasil se posiciona nesse cenário de forma bastante peculiar, visto a importância histórica das hidráulicas na matriz elétrica nacional. Por um lado, as energias renováveis no Brasil são um caso de sucesso: a participação de fontes renováveis na matriz de geração brasileira é de 85%. Isto se deve, principalmente, à participação da energia hidroelétrica; uma tecnologia conhecida e amplamente aplicada no Brasil. Por outro lado, a expansão das hidráulicas enfrenta progressivamente maiores custos e restrições. Assim, se o Brasil quiser manter uma matriz limpa, terá que fazer face às novas oportunidades e aos desafios relacionados à introdução das novas energias renováveis (ABEEÓLICA, 2017).

A atuação no plano externo de forma coordenada, buscando explorar sinergias, sempre em sintonia com as capacidades e o interesse nacional, contribui para a consolidação da posição do Brasil como potência energética relevante e pauta-se pelo imperativo de promover o desenvolvimento sustentável brasileiro. A política externa brasileira na área de energias renováveis está orientada pelos objetivos principais a seguir (ANEEL, 2016):

- Promover parcerias e cooperação, especialmente Sul-Sul, a fim de buscar soluções criativas que atendam às necessidades locais e específicas dos países para ampliar o acesso à energia em prol do desenvolvimento socioeconômico;
- Promover o uso de fontes energéticas de tecnologia consolidada e acessíveis, entre as quais a bioenergia e a hidroeletricidade;
- Ampliar a participação dos biocombustíveis na matriz energética mundial;
- Promover a integração energética regional segundo os princípios do desenvolvimento sustentável.

A integração energética regional contribui para maximizar a segurança energética e promover o desenvolvimento da América do Sul. Juntamente com seus vizinhos, o Brasil envia esforços para sua concretização, a exemplo de (BRASIL, 2016):

- Identificação de complementaridades entre os recursos energéticos renováveis disponíveis na região;
- Identificação de áreas com elevado potencial a ser explorado e de áreas com demanda reprimida pela escassez de recursos;

- Viabilização econômica de projetos; oferta de linhas de financiamento para projetos de geração e transmissão de energias renováveis;
- Compatibilização normativa para o intercâmbio energético na região.

No âmbito da Iniciativa Energia Sustentável para Todos (SE4ALL – Sustainable Energy for All), criada em 2010 pelo Secretário Geral das Nações Unidas, o Brasil atua em parceria com outros países em desenvolvimento. A elevada participação das energias renováveis na matriz energética brasileira e os programas de universalização do acesso à energia – como o programa "Luz para Todos" –, são consideradas ações exemplares dentro dos objetivos estabelecidos no contexto da SE4ALL até 2030 (BRASIL, 2016):

- Dobrar a utilização de energias renováveis;
- Dobrar as metas de eficiência energéticas;
- Universalizar o acesso à energia.

Na cooperação Sul-Sul, pode-se destacar a cooperação energética realizada no âmbito do MERCOSUL e do IBAS (Índia– Brasil –África do Sul). No âmbito do IBAS, a parceria está amparada em três documentos: Memorando de Entendimento para Estabelecer Força-tarefa Trilateral sobre Biocombustíveis (2008); Memorando de Entendimento sobre Cooperação em Recursos Eólicos (2009); e Memorando de Entendimento em Energia Solar (2010). No plano do MERCOSUL, o Grupo Ad Hoc sobre Biocombustíveis do MERCOSUL (GAHB), criado em 2007 por decisão do Conselho do Mercado Comum, fomenta a cooperação em biocombustíveis com vistas à harmonização de normas e padrões técnicos (BRASIL, 2016).

## 2.1 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica tem sido utilizada em grande escala no mundo por ser uma tecnologia de geração de energia elétrica renovável, competitiva e confiável. A causa disto é sua relação custo-benefício e sua tecnologia avançada, sua expansão é explicada, em parte, pela necessidade global de diversificação da matriz de energia elétrica a fim de torná-la mais limpa, diminuindo os problemas ambientais e mais segura (RAMPINELLI; ROSA JUNIOR, 2012).

O 12º relatório de 2016 do Global Wind Energy Council forneceu uma visão abrangente da indústria eólica para o ano de 2016, relatando que a indústria eólica é presente em 80 países, 29 apresentam mais de 1.000 MW instalados e nove apresentam mais de 10.000 MW. O relatório conclui que o mercado eólico terminou o ano de 2016 em ascensão,



demonstrando boas expectativas para o ano de 2017. Com preços menores e mais competitivos em leilões por todo mundo a indústria continua a melhorar, enquanto outras modalidades se encontram em declínio. Embora a previsão de instalação de 60 GW em 2016 não tenha sido alcançada, a indústria registrou crescimento de 12,6% na capacidade acumulada, levando a capacidade acumulada para 486,8 GW, que até março de 2017 deveriam ultrapassar 500 GW. A Índia estabeleceu recorde instalado de 3.612 MW colocando-se em quarto lugar em termos de crescimento de capacidade e quarto lugar em capacidade acumulada, apenas atrás de China, EUA e Alemanha. A Alemanha em 2016 aprovou a instalação de 5.4443 MW alcançando 50 GW e EUA aprovou mais 8.203 MW. O Brasil apresentou instalação de 2.014 MW, Chile apresentou recorde com instalações de 543 MW e Uruguai instalou 365 MW (GWEC, 2016).

A introdução da energia eólica no Brasil foi inicialmente impulsionada pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), em 2002. O programa previa a contratação de 3,3 GW de capacidade de geração de três fontes de geração renováveis: pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e eólica, através de tarifas incentivadas (regime feed in). O programa passou por algumas dificuldades que acarretaram contratação inferior ao projetado, mas teve o papel de conferir uma nova dinâmica para a energia eólica no Brasil. Com a implantação da sistemática de leilões como forma principal de contratação da expansão do parque gerador de eletricidade, em 2004, os parques eólicos foram contratados inicialmente através de leilões específicos para fontes alternativas. Posteriormente, com o ganho de competitividade da energia eólica no Brasil, os parques eólicos passaram a ser contratados em leilões não específicos, concorrendo com as demais fontes de geração, a expansão da energia eólica se consolidou no Brasil. No final de 2016, a capacidade instalada de geração eólica alcançou 10,7 GW, o que representava 7% do parque gerador brasileiro. Em 2016, o Brasil alcançou a nona posição em capacidade instalada em energia eólica e foi o quinto país que mais adicionou capacidade de geração eólica no ano (ABEEÓLICA, 2017).

As características do potencial eólico brasileiro contribuíram para o sucesso na sua difusão. Em primeiro lugar, particularmente no Nordeste, os ventos apresentam intensidade e constância favoráveis para a produção de eletricidade. O fator de utilização médio dos parques eólicos brasileiros, 38%, é bastante superior à média mundial, 24%. Em segundo lugar, a fonte energética dominante (hidrelétrica) apresenta complementaridade com a geração eólica. Ou seja, ventos e chuvas apresentam correlação negativa, que contribui para a segurança do abastecimento. Por último, a disponibilidade de reservatórios hidrelétricos

resulta em menores custos de integração de centrais eólicas ao sistema. A intermitência eólica pode ser regularizada por meio de água acumulada nos reservatórios no Brasil, o que é bem menos custoso do que ocorre em sistemas predominantemente termelétricos, em que é necessário manter centrais de backup para essa finalidade (LOSEKANN, 2013).

A difusão da energia eólica no Brasil foi impactada pelo interesse em desenvolver um parque fornecedor local para os equipamentos dessa fonte. Para tanto, o governo brasileiro implantou um conjunto de políticas com essa finalidade. Ferreira (2017) aponta que o governo federal e os governos estaduais promoveram isenções fiscais para empreendedores eólicos e fornecedores de equipamentos. O setor conta com os incentivos do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (Reidi), Convênio ICMS no 101/1997, que prevê a isenção do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) para certos equipamentos de aerogeradores. Vários estados brasileiros concederam isenção de ICMS para atrair parques eólicos e fornecedores. Ademais, a isenção da cláusula de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que obriga geradores a dedicarem 1% da receita líquida para esse fim, dá vantagem aos empreendimentos eólicos em relação às fontes convencionais de geração. O segmento eólico é contemplado também por políticas tecnológicas. O fundo setorial CT-Energia, criado em 2000, disponibiliza recursos para atividades de desenvolvimento tecnológico para fontes renováveis. Entre as chamadas públicas para a seleção de projetos, o segmento eólico foi considerado como tema prioritário somente na chamada de 2006. Em 2013, o governo brasileiro lançou o programa Inova Energia, que contempla energias alternativas em uma de suas linhas de financiamento. A principal política de incentivo ao desenvolvimento da cadeia produtiva do aerogerador no Brasil, a política de conteúdo local do BNDES, teve início com a contratação de energia eólica no Proinfa. Inicialmente, os requisitos para concessão de financiamento eram os mesmos de outros setores econômicos, uma vez que se exigia um índice global de nacionalização do aerogerador de 60%. Por avaliar que esse critério distorcia as escolhas de tecnologias e não era suficiente para impulsionar a nacionalização de equipamentos de maior intensidade tecnológica, o BNDES implantou uma nova metodologia a partir de 2013. A nova política do BNDES implementou regras que aumentavam gradativamente o requisito de conteúdo local de todas as partes do aerogerador (torre, rotor e nacelle), visando à internalização de componentes de maior complexidade tecnológica, com destaque para os equipamentos da nacelle – que contêm os componentes de maior requisito tecnológico do aerogerador. A metodologia contempla metas alternativas com seis etapas,

com duração semestral, encerradas em dezembro de 2015, para a internalização da produção das partes do aerogerador. Esses requisitos deveriam refletir a maturidade dos fornecedores locais (BNDES, 2014).

Podemos considerar que o objetivo de desenvolver a cadeia produtiva local do aerogerador foi atingido. Atualmente, o Brasil conta com seis montadoras de geradores credenciadas no BNDES. Um conjunto de empresas estrangeiras se instalou no Brasil a partir da difusão da energia eólica na matriz. Em 2012, a WEG, uma empresa nacional de competitividade global em equipamentos elétricos, iniciou a produção de aerogerador. Ainda que sua participação de mercado seja pequena, sua entrada no setor é considerada promissora (FERREIRA, 2017).

O Brasil conta com fornecedores de pás antes mesmo do desenvolvimento da energia eólica no país. A Tecsis e a Woben tinham, inicialmente, a produção voltada para a exportação. Com a difusão da energia eólica no Brasil, a dinamarquesa LM e a brasileira Aerys passaram a atuar no segmento em 2013. Os fornecedores de capital nacional utilizam a capacitação tecnológica derivada dos usos aeronáuticos, segmento em que o Brasil detém competitividade global. Além da produção local dos chamados macrocomponentes (torre, pás e nacele), o Brasil desenvolveu nos últimos anos a produção local de diversos equipamentos do aerogerador. Dos 24 equipamentos elencados na política de conteúdo local do BNDES, dezoito contam com fornecedores domésticos. Entre os equipamentos não internalizados, a caixa multiplicadora representa um desafio mais significativo, por sua relevância no custo do aerogerador e por contar com poucos fornecedores no mercado global. Quanto à nacionalidade dos produtores, 20 são estrangeiros e 22 nacionais (FERREIRA, 2017).

## 2.2 ENERGIA EÓLICA EM MAR ABERTO

O modal de geração de energia elétrica em mar aberto se encontra na vanguarda das tecnologias de energia limpa a serem implantadas em grande escala. É uma tecnologia recente ainda em desenvolvimento mesmo nos países que já possuem experiência em sua implantação.

A energia eólica em mar aberto deve ser vista como fonte complementar e não substituta a outras fontes de geração de energia. Apesar de apresentar maiores custos de implantação, manutenção e produção, ela apresenta diversas vantagens como ventos mais fortes e consistentes, menor nível de turbulência, menor desgaste dos equipamentos, redução

de impactos ambientais, como impacto visual. Fatores importantes que limitam a capacidade da produção eólica em terra são evitados na produção eólica em mar aberto, como no caso da limitação das turbinas, devido à capacidade de transporte de caminhões, guindastes, pontes e estradas. Devido ao menor impacto causado pelo nível de ruído, o custo de vários componentes e das pás torna-se menor. Em relação ao porte dos parques, poucos sistemas eólicos em terra possuem capacidade superior de produção acima de 50MW, devido às restrições de uso de terra, emissões de ruído e impacto visual. Além de não fazer a utilização do espaço em solo, propiciando para outras atividades, os parques em alto mar apresentam menor densidade de potência: 13 MW/km<sup>2</sup> em terra e apenas 6 MW/km<sup>2</sup> em mar aberto, aumentando a capacidade do sistema (GREENPEACE, 2005).

De acordo com o boletim de dados de julho de 2017 da Associação Brasileira de Energia Eólica, o modal de produção de energia eólica vem se consolidando cada vez mais seguindo uma trajetória ascendente. A fonte de produção chega a 11,38 GW em 457 usinas, alcançando um percentual de 7,4% da matriz energética brasileira.

O Brasil possui uma capacidade geradora de energia eólica de aproximadamente 140 GW, e diferentemente dos países europeus que não esgotaram o espaço em seu território, faz com que, por enquanto, a categoria de produção eólica em mar aberto não receba devida atenção. Em diversos países Europeus, Asiáticos e Norte Americanos, as usinas eólicas em alto mar já apresentam papel caracterizado nos novos mercados de energia. Nos países Europeus, a utilização dessa tecnologia se deve a falta de terreno para instalação de novas usinas de geração em terra e a grande promessa da indústria eólica em mar aberto (ANEEL, 2016).

Em 2016 o relatório do *Global Wind Energy Council* apontou 14 países que desenvolveram usinas eólicas em alto mar. Apenas o ano de 2016 apresentou uma instalação de 2.219MW de usinas eólicas em mar aberto no mundo, totalizando uma capacidade 14.384 MW. O Reino Unido apresenta maior capacidade instalada com aproximadamente 5.156 MW, isso representa 36% da capacidade existente no mundo, seguido por Alemanha e China, com respectivos 4.108 MW e 1.627 MW, ou 29% e 11 % da capacidade mundial. Em 2016 ainda é apontado à construção nos EUA de seu primeiro parque eólico em mar aberto com capacidade de 30 MW que deve ser concluído em 2020. O relatório ainda destaca que 88% da capacidade de produção de energia eólica em mar aberto estão presentes em apenas 10 países europeus, 72% estão localizados na Noruega, Dinamarca, Reino Unido, Alemanha, Holanda, Bélgica e França.

Ainda sobre o relatório da *Global Wind Energy Council* de 2016 houve diminuição do preço de implantação desses parques, tendo como iniciando na Holanda onde os parques de Borssele 1 e 2 fixaram uma taxa de €72/MWh. Nos parques eólicos em alto mar de Krieger's Flag, na Dinamarca, ficou em € 49,90/MWh, e Borssele 3 e 4 apresentou taxa de € 54,5/MWh. O GWEC mostra que o crescimento e desenvolvimento do setor e da tecnologia de novos aerogeradores ocasionou a grande redução dos valores de custos. Nos últimos anos mais de 10 GW de parques de energia eólica em mar aberto entraram em operação, este crescimento segundo o relatório deve ser ainda maior com a entrada do mercado asiático no setor, onde em 2018 já foi anunciado à construção do parque eólico Yasuoka com capacidade de 60 MW.

Embora no Brasil a inserção de parques eólicos em mar aberto não seja um assunto muito difundido o país apresenta viabilidade da implantação dos projetos. Ortiz e Kampel (2011) realizaram a pesquisa 'Potencial de energia eólica em mar aberto na margem do Brasil'. A partir de dados coletados do satélite QuickSCAT num período de dez anos, o estudo apresenta uma capacidade de produção em mar aberto cerca de doze vezes maior que a produção em terra, podendo chegar a 606 GW. Esses valores apresentaram maior viabilidade nas seguintes áreas: Nordeste e Sul do Brasil.

### 2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

O ser humano tem sido um importante protagonista da aceleração dos impactos ambientais no meio ambiente, isso ocorre decorrente da falta de consciência ambiental na população, posto que cada vez mais utilizasse indiscriminadamente os recursos naturais (renováveis e não renováveis) para suprir nossas necessidades. Medidas para evitar esse aceleração focam em evitar o desperdício de água e de energia, assim como o descarte adequado do lixo e a diminuição do uso de automóveis. Elas caracterizam práticas simples que diminuiriam os danos causados ao meio ambiente.

No Brasil, o órgão responsável pela legislação e emissão de medidas relacionadas com o meio ambiente é o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Além do CONAMA (órgão legislativo), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), criado pela Lei nº 7.735 de 22 de fevereiro de 1989, é responsável pela execução das leis estabelecidas pelo poder legislativo. Assim, esse órgão executivo a nível federal, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, promove ações de

preservação, conservação e fiscalização do patrimônio ambiental, além de conceder licenças ambientais aos empreendedores.

O CONAMA órgão instituído pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, responsável pela legislação ambiental, analisa, desde meados da década de 80, por meio do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), os impactos ambientais no país, a fim de apresentar soluções para os problemas causados ao meio ambiente.

Segundo a resolução CONAMA Nº 001 de janeiro de 1986 considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Portanto, a definição de Impacto Ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de um determinado empreendimento, podendo ser negativo ou positivo (BITAR & ORTEGA, 1998). Essa avaliação de projeto deve diagnosticar as alterações nos meios (CONAMA, 1986):

- a) Físico: o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- b) Biológico e os ecossistemas naturais: a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) Socioeconômico: o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

Além de estarem divididos entre significativos e não significativos, os impactos ambientais ainda são classificados por critérios são Situação, Abrangência, Incidência, Temporalidade, Classe e Reversibilidade, a avaliação desses critérios dependerá das características do impacto ambiental. É definido como Situação o tipo de ocorrência do impacto, Abrangência a extensão do impacto, Incidência a forma como o impacto atua no ambiente, Temporalidade o tempo em que o impacto permanecerá atuando no ambiente e Reversibilidade a possibilidade de recuperação total ou parcial do ambiente (BARBOSA, 2017).

### **2.3.1 Impactos ambientais na energia eólica em terra**

O desenvolvimento da energia eólica tem o potencial para impactar no ambiente natural e construído. Existe enorme potencial para evitar ou reduzir impactos ambientais negativos. Antes do início da construção do empreendimento eólico, deve ser consultado o plano de desenvolvimento local em relação a patrimônios naturais, construídos e geológicos. O desenvolvimento do planejamento do parque eólico deve ter total consideração pela biodiversidade, pois os aspectos da proposta ou a combinação com outras atividades podem afetar a conservação das áreas afetadas pelo empreendimento. Esta busca pela preservação deve identificar os efeitos adversos, procurando alternativas diferentes que eliminem os efeitos adversos, e quando não for possível adotar medidas mitigadoras de controle e acompanhamento de cada efeito. A importância do empreendimento também deve ser levada em conta e assim como os possíveis benefícios na área ambiental e socioeconômica.

Os principais aspectos avaliados na implantação de empreendimentos eólicos de acordo com estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA) e artigos científicos são:

#### **a) Patrimônio natural**

Patrimônio natural refere-se a habitat e espécies de flora e fauna. Esses recursos do patrimônio natural podem estar localizados em sites que foram designados como Áreas de Proteção Especial, Áreas Especiais Conservação, Áreas Naturais Patrimoniais, Áreas de Patrimônio Natural Propostas, Reservas Naturais, Refúgios para Flora e Fauna como Parques Nacionais. Patrimônio natural pode ser impactado pelo desenvolvimento da energia eólica durante as fases de construção e operação. Esses impactos podem ser temporários ou permanentes (WONG, 2015).

#### **b) Habitat**

Habitat que podem ser afetados pelo desenvolvimento da energia eólica incluem turfeiras (principalmente pântanos, charnecas e outros hábitat de terras úmidas, incluindo cursos de água e lagos), dunas, pastagens e bosques. A vulnerabilidade do ambiente pode ser mais agravante por estarem localizados em terras altas, são particularmente assim devido às áreas de alta pluviosidade e onde a estação de crescimento é curta.

Os principais impactos potenciais nos habitat que podem resultar na redução ou perda de biodiversidade são (JABBER, 2013):

- Perda direta de habitat para a infraestrutura dos empreendimentos; incluindo fundações de turbinas, edifícios, estradas, pedreiras e utilização de água subterrânea;
- Degradação de habitat por alteração ou perturbação, em particular, decorrente de alterações na hidrologia que podem alterar os fluxos e níveis da superfície ou das águas subterrâneas, e padrões de drenagem críticos em turfeiras e nascentes de rios;
- Fragmentação de habitat e aumento dos efeitos de borda;
- Degradação e perda de habitat fora do desenvolvimento local, especialmente os habitat de terras úmidas que podem sofrer assoreamento e erosão originários de dentro do site de desenvolvimento.

### **c) Espécies**

- Aves

A forma como as aves serão afetadas pela energia eólica irá variar dependendo da espécie, estação e localização, e esses impactos podem ser temporários ou permanentes (KLAIN, 2018).

Os grupos de espécies considerados em maior risco são os raptores, cisnes, gansos, mergulhadores, pernaltas e concentrações de aves aquáticas. Impactos potenciais sobre aves migratórias e aves locais movimentos entre áreas de reprodução, alimentação e descanso requerem consideração cuidadosa. Os principais impactos potenciais para as aves pela energia eólica foram identificados como (WONG, 2015):

- Distúrbios durante as fases de construção e operação levando ao deslocamento temporário ou permanente de aves do local de desenvolvimento e seus arredores;
- Mortalidade por colisão, embora estudos tenham mostrado ser de baixo risco;
- Barreira ao movimento, embora estudos tenham indicado que a resposta das aves ao desenvolvimento da energia eólica pode ser variável e relacionada à espécie e / ou estação;



- Perda direta ou degradação de habitat para reprodução, alimentação e / ou fins de empoleiramento, particularmente em áreas úmidas.

- Outras espécies

O impacto potencial em outras espécies raras de flora, mamíferos, pássaros e anfíbios e peixes, incluindo os listados para proteção da Flora, também precisaria ser avaliado (HOOPER, 2017).

#### **d) Condições terrestres/Geologia**

Ao avaliar a evolução da energia eólica, a geologia subjacente é um fator crítico. Informações sobre as seguintes questões devem ser apresentadas como parte de uma aplicação de planejamento para permitir o planejamento da autoridade competente para avaliar adequadamente o impacto do vento e quaisquer medidas de mitigação propostas para contrariar os impactos (GARTMAN, 2016):

- Uma avaliação geológica da localidade;
- Avaliação etnotécnica do estéril e do leito rochoso;
- Avaliação do risco de estabilidade de alas e de declive do local para todas as etapas do projeto, com propostas de mitigação e medidas adequadas (deve ser considerado os possíveis efeitos de armazenamento de material escavado); A falta da avaliação poderia criar um risco de explosão ou deslizamento de terra;
- Localização do site em relação a qualquer área ou site que tenha sido identificado pelo Serviço Geológico como uma área do patrimônio natural geológico, uma proposta de Área do Patrimônio;
- Localização do local em relação a áreas de significativa poluição mineral ou potencial agregado;
- Uma avaliação de quaisquer impactos potenciais do desenvolvimento nas águas subterrâneas;

É necessário prever a realização de técnicas geotécnicas específicas do local investigado, a fim de identificar a localização ideal para cada turbina. Estas investigações podem sugerir pequenos ajustes na localização da turbina.

**e) Arqueologia**

O impacto potencial do desenvolvimento de energia eólica proposto sobre o patrimônio arqueológico do site deve ser avaliado. A avaliação deve abordar os impactos diretos sobre a integridade e amenidade visual dos monumentos e incluem medidas de mitigação, tais como através de um estudo de mesa e uma inspeção de campo onde necessário (KARAMANIS; KEHAYIAS, 2014).

**f) Patrimônio arquitetônico**

A autoridade de planejamento deve avaliar o impacto potencial da proposta de desenvolvimento de energia eólica sobre o patrimônio arquitetônico da localidade e do seu contexto paisagístico, quando relevante (KARAMANIS; KEHAYIAS, 2014).

**g) Ruído**

Existem duas fontes de ruído distintas associadas à operação de turbinas eólicas; ruído aerodinâmico causado pela passagem das lâminas através do ar, e ruído mecânico criado pela operação de elementos mecânicos na nacela. O ruído aerodinâmico é uma função de muitos fatores de interação, incluindo design da lâmina, velocidade de rotação, velocidade do vento e turbulência de entrada; é geralmente caracterizado como ruído de banda larga e pode exibir algum “caractere” (swish). Ruído mecânico de uma turbina eólica é de natureza tonal (WONG, 2015).

Avanços na tecnologia e design de turbinas resultaram em redução nas emissões de ruído. Refinamentos aerodinâmicos que têm combinado para fazer turbinas mais silenciosas incluem a mudança de treliça para torres tubulares, o uso de operações de velocidade variável e alteração para projetos de turbina de três lâminas. Melhorias no design da caixa de engrenagens e o uso de técnicas anti-vibração nos últimos dez anos resultou em reduções significativas no ruído mecânico. A maioria das máquinas de acionamento direto recente não possui componente gerador de ruído mecânico. O ruído da turbina aumenta à medida que a velocidade do vento aumenta, mas a um ritmo mais lento a taxa de vento aumenta o ruído de fundo. O impacto do ruído do desenvolvimento da energia eólica é, portanto, a baixas velocidades do vento, quando a diferença entre o ruído do vento e o desenvolvimento energético, o ruído de fundo é suscetivelmente maior. Turbinas eólicas não operam abaixo da velocidade do vento referido como velocidade de corte, geralmente em torno de 5 metros por

segundo. Turbinas eólicas de velocidade maior e variável emitem níveis de ruído mais baixos na velocidade de corte do que turbinas de velocidade fixa menores. Ruídos de turbinas eólicas são irradiadas mais em algumas direções do que outras, com áreas abaixo dos níveis previsto. Em velocidades de vento mais altas, o ruído do vento tem o efeito de mascarar em grande parte o ruído das turbinas eólicas (LYU, ZANG, YAN, 2012).

O bom design acústico e localização cuidadosamente considerada de turbinas são essenciais para garantir que não haja aumento significativo de níveis de ruído em locais sensíveis a ruídos próximos. A saída de som das turbinas eólicas modernas pode ser regulada, mitigando problemas de ruído, embora com alguma perda de energia. Um equilíbrio apropriado deve ser alcançado entre o poder geração e impacto de ruído (LYU, ZANG, YAN, 2012).

O impacto sonoro deve ser avaliado por referência à natureza e caráter de locais sensíveis ao ruído. No caso da energia eólica, uma localização sensível ao ruído inclui qualquer casa de habitação, albergue, prédio de saúde ou local de culto e podem incluir áreas de particular, qualidade cênica ou recreação. Os limites de ruído devem aplicar-se apenas a essas áreas frequentemente usadas para relaxamento ou atividades para as quais um silêncio ambiente é altamente desejável. Os limites de ruído devem ser aplicados para locais externos, e deve refletir a variação nas turbinas considerando o ruído de origem e ruído de fundo com a velocidade do vento (PINTO, 2017).

Em geral, um limite fixo inferior de 45 dB (A) ou um aumento máximo de 5dB (A) acima do ruído de fundo nas proximidades de ruído sensível locais é considerado adequado para fornecer proteção á vizinhança. No entanto, em áreas muito tranquilas, a utilização de uma margem de 5dB (A) acima do ruído de fundo nas propriedades sensíveis ao ruído não é necessário para oferecer uma grau de proteção e pode restringir indevidamente a energia eólica, que devem ser reconhecidos como tendo um maior benefícios global (PINTO, 2017).

Devem ser aplicados limites de ruído separados para o dia e para a noite. Durante a noite, a proteção da amenidade externa torna-se menos importante e a ênfase deve ser na prevenção do sono e perturbação. Um limite fixo de 43dB (A) protegerá o sono da vizinhança durante a noite. Em geral, é pouco provável que o ruído seja um problema significativo em que distância da turbina mais próxima a qualquer propriedade sensível ao ruído seja mais de 500 metros. Autoridades de planejamento podem buscar evidências que o tipo de turbinas proposto utilizará a melhor corrente prática de engenharia em termos de criação e supressão de ruído (PINTO, 2017).

#### **h) Aspectos de segurança**

Não há considerações específicas de segurança em relação à operação de turbinas eólicas. Pessoas ou animais podem caminhar com segurança para a base das turbinas. Existe uma possibilidade muito remota de lesões em pessoas ou animais de fragmentos voadores de gelo ou de uma lâmina danificada (MASLOV, 2015).

A maioria das lâminas são estruturas compostas sem parafusos ou separadas por componentes e o perigo é minimizado como resultado. A geração de gelo nas pás da turbina é improvável implique em problemas. A maioria das turbinas eólicas são equipadas com sensores anti-vibração, o que detecta qualquer desequilíbrio causado pelo congelamento das lâminas. Os sensores fará com que a turbina espere até que as lâminas sejam descongeladas antes de iniciar a operação (MASLOV, 2015).

#### **i) Proximidade de estradas e ferrovias**

Em geral, as turbinas podem distrair os motoristas quando estão sendo construídos ou quando são novos. Com o tempo, as turbinas se tornam parte da paisagem e, em geral, não causam nenhum impacto significativo de distração para os motoristas. A provisão de áreas de repouso apropriadamente localizados para fins de visualização pode ajudar a reduzir a distração, dando uma oportunidade de ver o desenvolvimento da energia eólica em segurança (MASLOV, 2015).

#### **j) Proximidade de linhas elétricas**

A folga adequada entre estruturas e linhas aéreas de energia deve ser especificada conforme pelo distribuidor de eletricidade.

Como todos os equipamentos elétricos, as turbinas eólicas produzem eletromagnética radiação, e isso pode interferir com a transmissão de comunicações. A interferência com a comunicação de transmissão pode ser superada pela instalação de defletores ou repetidores (MASLOV, 2015).

#### **k) Segurança de aeronaves**

A localização de turbinas eólicas pode ter implicações para as operações dos sistemas de Comunicações, Navegação e Vigilância usadas para Controle de Tráfego Aéreo para a separação e segurança de aeronaves. A localização das turbinas eólicas também pode ter

implicações para as rotas de voo de aeronaves, assim turbinas eólicas são consideradas um obstáculo que afeta aeronaves e operações.

#### **l) Sombra**

Turbinas eólicas, como outras estruturas altas, podem lançar longas sombras quando o sol está baixo no céu. O efeito conhecido como cintilação de sombra ocorre onde as pás de uma turbina eólica lança uma sombra sobre uma janela em uma casa próxima e a rotação das pás provoca a sombra. Este efeito dura apenas um curto período e acontece apenas em certas circunstâncias combinadas específicas, como quando:

- O sol está brilhando e está em um ângulo baixo (depois do amanhecer e antes do pôr do sol);
- A turbina está diretamente entre o sol e a propriedade afetada;
- A energia eólica suficiente para garantir que as lâminas estão se movendo;
- Seleção, projeto e planejamento cuidadoso do local, utilização de software, podem ajudar a evitar a possibilidade de tremulação em primeira instância. Onde cintilação de sombra poderia ser um problema, os desenvolvedores devem fornecer cálculos para quantificar o efeito e, se for caso disso, tomar medidas para evitar ou melhorar o efeito potencial, como desligar uma determinada turbina em determinados momentos.

#### **m) Vento fraco**

A questão do vento fraco deve ser tratada na fase de definição do escopo e / ou durante as discussões antes da aplicação, para garantir que o layout proposto das turbinas eólicas leve em consideração o potencial de desenvolvimento de um site adjacente (BARTHELMIE, 2009).

Em geral, para garantir um desempenho ideal para turbulência e efeitos de vigília, as distâncias mínimas entre turbinas eólicas serão geralmente três vezes o diâmetro do rotor na direção do vento cruzado e sete vezes o diâmetro do rotor na direção predominante do vento. Tendo em mente requisitos para um desempenho ideal, uma distância não inferior a duas pás do rotor dos limites adjacentes da propriedade geralmente serão aceitáveis, a menos que por acordo escrito dos proprietários de terra adjacentes para uma distância menor (BARTHELMIE, 2009).

## **n) Desmantelamento e reintegração**

O desmantelamento de um desenvolvimento de energia eólica, uma vez que a eletricidade deixa de ser gerada deve ser avaliado. Planos de desmantelamento devem ser descrito no estágio de planejamento. Questões a serem abordadas incluem medidas restaurativas, a remoção do solo, estruturas e equipamentos, paisagismo e / ou propagação de novas estradas (PINTO, 2017).

### **2.3.2 Impactos da energia eólica em terra**

Nunes e Manhães (2010) expõem que a energia eólica está no topo do ranking como a ambientalmente mais sustentável e mais acessível, podendo garantir grande parte das demandas energéticas de um país, gerando empregos e reduzindo a emissão de dióxido de carbono. Pode-se acrescentar a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial; a geração distribuída de energia; o desenvolvimento regional e local (SIMAS; PACCA, 2013). No entanto apesar da energia eólica ser globalmente vista como vantajosa, a nível local pode-se ter uma percepção diferente (NUNES; SOARES, 2010). Apesar de ser classificada como energia limpa e renovável, impactos negativos podem ocorrer ao meio ambiente e a comunidades locais no ato da instalação. A comunidade local deve ser levada em consideração sobre projetos, negociações e porte do empreendimento, para avaliar como o empreendimento afetará a direta ou indiretamente a comunidade (GORAYEB; BRANNSTROM, 2016). As vantagens de instalação desse tipo de empreendimento devem ser cuidadosamente analisadas para que problemas como os que virão a seguir sejam minimizados.

#### ***2.3.2.1 Impactos no meio social***

##### **a) Emissão de ruídos e impacto visual**

Peres e Bered (2003) afirmam que o ruído, sombra e o impacto visual podem ser prejudiciais para as comunidades no entorno dos parques eólicos. O ruído provocado pela operação de uma turbina eólica ocorre desde sua fase de construção até a operação do sistema. O ruído operacional é causado pelas máquinas pesadas operando na construção do parque eólico, realizando serviços de terraplanagem, escavação e circulação de veículos pesados transportando materiais (MEYER et al., 2014).

O impacto visual está relacionado diretamente ao tamanho dos aerogeradores que podem provocar grande alteração na paisagem, sendo não recomendada a instalação em pontos de riqueza natural, porém existe pessoas que reajam de maneira positiva e negativa em relação a esse impacto, o potencial de energias renováveis pode gerar atração turística a região gerando crescimento econômico (CHAGAS; LUCAS, 2011).

#### **b) Interferências eletromagnéticas**

A interferência eletromagnética ocorre devido ao movimento das pás dos aerogeradores, podendo interferir nos sinais de rádio, televisão e comunicação (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013).

#### **c) Desigualdades sócio espaciais**

Oliveira e Santos (2014), apontam que apesar das inúmeras vantagens do modelo eólico, o crescimento vertiginoso do setor tem contribuído com a desigualdade sócio espaciais das comunidades onde são instaladas. Isso ocorre devido à restrição da população a recursos naturais, como por exemplo, o impedimento de comunidades pesqueiras de acessar alguns locais devido aos parques eólicos ou até mesmo o livre acesso a praias, dunas e lagoas.

Pode-se acrescentar o fator de privatização de áreas públicas e/ou remanejamento da população, restringindo o acesso a diversos recursos naturais como pesca e agricultura familiar (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013).

### **2.3.2.2 Danos à fauna**

#### **a) Aves e morcegos**

Acidentes com aves migratórias e demais espécies ocorrem frequentemente nos parques eólico, isso se deve a altitude e o diâmetro da circunferência das pás, em regiões onde não houve o cuidado de se analisar se o local de instalação afetaria a vida dos pássaros. (BARBOSA, 2008; MEDEIROS et al., 2009). Essa análise deve ser tratada com muita atenção, principalmente na fase de operação dos parques eólicos. A rotação das pás causa alteração na pressão atmosférica nas extremidades das lâminas, isso causa a morcegos que passam no entorno hemorragia interna devido à repentina queda de pressão nos pulmões (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013). Diversos parques eólicos estão sobre denuncia e

investigação devido a licenciamentos irregulares e a entrarem em operação antes do fim da etapa de monitoramento da avifauna e quiróptero fauna (SOVERNIGO, 2009).

#### **b) Perda de habitat de reprodução e alimentação**

É destacado que nos casos onde ocorre desmatamento das áreas, ocorre perda de locais de repouso, alimentação e reprodução de espécies, ocasionando perda do potencial ecológico e evasão dos animais para outras áreas (PACHECO; SANTOS, 2012). O intenso fluxo de maquinários e veículos no empreendimento pode ocasionar acidentes no entorno, como atropelamento de animais durante a fase de implantação (PACHECO; SANTOS, 2012; STAUT, 2011).

#### **2.3.2.3 Impactos no meio físico**

##### **a) Desmatamento da vegetação e alteração da paisagem**

A atividade da terraplanagem está relacionada com a retirada e soterramento da cobertura vegetal, abertura de cortes e aterros, abertura de vias de acesso, áreas para transito de maquinário e guarda, local de depósito de material (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013). A retirada da vegetação, alteração da geotécnica local e a construção dos aerogeradores no local em função do seu porte causam inquietação e tensão à população local, não familiarizada com esse tipo de empreendimento (MOURA-FÉ; PINHEIRO, 2013), porém alguns estudos demonstram aceitação da população em relação a esse tipo de empreendimento causada pelas benfeitorias que podem vir a existir.

##### **b) Alteração do nível hidrostático do lençol freático**

A atividade de terraplanagem pode influenciar no nível do lençol freático, alterando o fluxo de água subterrânea, onde cortes e aterros serão realizados para estabilidade dos taludes e das vias para rodagem de maquinários e caminhões pesados (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013). O volume de concreto pode ser um fator que influenciaria no nível do lençol freático devido ao grande volume presente nas fundações, onde a água local pode vir a ser utilizada na confecção do concreto, interferindo na disponibilidade hídrica local. O manejo de efluentes domésticos e resíduos sólidos podem vir a se tornar um contaminante do lençol freático e do aquífero subterrâneo (STAUT, 2011).



### 2.3.3 Energia eólica em mar aberto

A energia eólica em mar aberto é uma tecnologia renovável capaz de fornecer energia significativa de forma sustentável. De acordo com as estimativas da EWEA, entre 20 GW e 40 GW de capacidade de energia eólica em mar aberto estarão operando na União Europeia até 2020. Essa capacidade poderia atender a mais de 4% do consumo de eletricidade da UE (EDGE; BLANCHARD, 2007). A capacidade instalada total no exterior na Europa no final de 2007 foi de quase 1.100 MW, distribuída nas águas costeiras da Dinamarca, Irlanda, Países Baixos, Suécia e Reino Unido, representando quase 2 por cento da energia eólica total (56.536 MW) em A UE. Os projetos eólicos em mar aberto são mais complexos do que os terrestres. Os desenvolvimentos em mar aberto incluem plataformas, turbinas, cabos, subestações, grades, interconexão e transporte, dragagem e atividade de construção associada. As atividades de operação e manutenção incluem o transporte de funcionários por navio e helicóptero e upgrades ocasionais de hardware. Do ponto de vista ecológico, as águas rasas são geralmente lugares com alto valor ecológico e são habitat importantes para a reprodução, o descanso e as aves marinhas migratórias. Uma participação estreita e uma boa comunicação entre os países envolvidos nos novos desenvolvimentos são essenciais para reduzir os impactos ambientais de vários parques eólicos na mesma área. A maior parte da experiência adquirida em energia eólica em mar aberto vem de vários anos de monitoramento de três parques eólicos na Dinamarca (Middelgrunden, Horns Rev e Nysted) instalados entre 2001 a 2003. Uma análise valiosa também foi realizada pelo Ministério Federal do Meio Ambiente (BMU) da Alemanha com pesquisas técnicas, ambientais e de conservação da natureza sobre fundações de energia eólica em mar aberto.

Hooper et al. (2017), mostrou que os parques eólicos em mar aberto têm impactos mistos em diferentes serviços ecossistêmicos, com efeitos negativos sobre a marinha e a disseminação de espécies não-nativas, e efeitos positivos sobre peixes e mariscos comerciais, potencialmente de maior importância. O trabalho também destacou a necessidade de um melhor entendimento de longo prazo e efeitos dos parques eólicos em mar aberto sobre a população de espécies e habitats, e como estes são colocados no contexto de outras pressões sobre o meio marinho.

I. Spiropoulou et al. 2014 em um estudo na costa ocidental da Grécia para implantação de usinas eólicas em mar aberto, realizou o levantamento de todas as áreas protegidas. Fatores importantes, como distâncias mínimas de construção das instalações de parques eólicos, portos e locais de preservação foram analisados como restrições ambientais na região. Os

resultados indicaram que se todas as áreas protegidas sejam excluídas, assim como os locais de atividade econômica, como portos, a superfície de instalação disponível torna-se adequada para o desenvolvimento maciço da energia eólica em mar aberto sem trazer danos ao ambiente.

### ***2.3.3.1 Impacto visual***

Os parques eólicos em mar aberto geralmente possuem turbinas maiores e maiores do que os desenvolvimentos onshore. No entanto, o impacto visual é menor devido à maior distância do litoral. No entanto, a paisagem costeira é muitas vezes única e fornece algumas das paisagens mais valorizadas, portanto, uma atenção especial pode ser necessária (SDC, 2005). O impacto visual dos parques eólicos em mar aberto pode afetar três componentes da paisagem marinha: Uma área de mar; Um comprimento de litoral; e Uma área de terra.

Os parques eólicos em mar aberto envolvem vários elementos que influenciam o caráter do impacto visual produzido (WRATTEN et al., 2005):

- O site e o tamanho da área de parques eólicos;
- As turbinas eólicas: tamanho, materiais e cores;
- O layout e o espaçamento dos parques eólicos e estruturas associadas;
- Localização, dimensão e forma do onshore auxiliar (subestação, pilões, linhas aéreas, cabos subterrâneos) e estruturas em mar aberto (subestação e anemômetro);
- Visibilidade de navegação, marcas e luzes;
- Os barcos de transporte e manutenção;
- O cais, a escorrega ou a porta a utilizar pelos barcos;
- Proposta de acesso rodoviário ou de trilha, e requisitos de acesso à costa.

Assim como para desenvolvimentos em terra, ZTV zonas, fotomontagens e videomontagens são ferramentas usadas para prever os efeitos potenciais de novos desenvolvimentos do vento em mar aberto.

A potencial visibilidade eólica em mar aberto depende da topografia, vegetação e estruturas artificiais existentes nas paisagens. A avaliação de visibilidade dos desenvolvimentos em mar aberto inclui a extensão da visibilidade sobre as principais atividades marinhas, litorais e terrestres (atividades recreativas, populações costeiras e estrada

principal, trilhos e trilhas). Os efeitos da curvatura da terra e das condições de iluminação são relevantes na visibilidade dos parques eólica em mar aberto (WRATTEN et al., 2005). Os dias chuvosos e nublados resultam em menos visibilidade. Experiência até hoje em Horns Rev prova que um parque eólico é muito menos visível do que a avaliação de fotomontagem clara do “pior caso”, devido às condições climáticas e à distância (IEA, 2005).

A magnitude da mudança na paisagem marinha com a construção de um novo parque eólico em mar aberto depende de vários parâmetros, como a distância, o número de turbinas, a proporção de turbina visível, as condições climáticas e a iluminação de navegação das turbinas. A distância entre o observador e o parque eólico geralmente tem a maior influência na percepção do impacto visual. No entanto, mudanças na iluminação e condições climáticas variam consideravelmente os efeitos visuais à mesma distância.

Mais recentemente, pesquisas sobre avaliação visual por Bishop e Miller (2007) descobriram que a distância e o contraste são bons preditores de impacto percebido. O estudo, baseado no parque eólico Norte Hoyle a 7 km do litoral do País de Gales, mostrou que em todas as atmosferas e condições de iluminação (exceto um céu tormentoso), os impactos visuais diminuiriam com a distância. No entanto, o impacto visual aumentou com o aumento do contraste. Pesquisas adicionais são necessárias para analisar a dependência de efeitos visuais nos números de turbina, orientação e distribuição.

Podem ocorrer efeitos cumulativos quando vários parques eólicos são construídos na mesma área. O grau de impacto cumulativo é um produto do número de parques eólicos e a distância entre eles, a localização e o design dos parques eólicos, a inter-relação entre seus ZTVs e o caráter geral da paisagem marinha e sua sensibilidade aos parques eólicos (WRATTEN et al., 2005).

A Agência Dinamarquesa da Energia (DEA) reportou uma ausência de imprensa negativa durante o desenvolvimento dos parques eólicos em mar aberto Nysted e Horns Rev. As pesquisas de opinião apresentaram melhores níveis de aceitação para os projetos na fase pós-construção (IEA, 2005).

Klain et al., 2017 em um trabalho de entrevista com pessoas que moram próximos de projetos eólicos, constatou que os moradores da região atribuem maior valor de impacto aos impactos derivados a intrusão visual e a potenciais mudanças a qualidade de vida na região, do que a impactos referentes a pesca, turismo e cumprimento das regulamentações

### ***2.3.3.2 Impacto de ruído***

Os parques eólicos em mar aberto estão localizados longe das populações humanas, que não são afetados pelo ruído gerado pelas turbinas eólicas. No entanto, os animais marinhos podem ser afetados pelo ruído subaquático gerado durante a construção e operação de turbinas eólicas (KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006; THOMSEN et al., 2006). Quaisquer efeitos do ruído dependerão da sensibilidade das espécies presentes e da capacidade de se ajustarem a ela.

Os procedimentos para medir o ruído acústico das turbinas eólicas em mar aberto devem incluir o seguinte:

- Parâmetros da turbina eólica: potência nominal, diâmetro do rotor e assim por diante;
- Tipo de base, material, profundidade de pilha, e assim por diante;
- Eficaz pilha e / ou energia de vibração;
- Período de fase de construção e frequência de sopro ou vibrador;
- Profundidade de água no local (KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006).

### ***2.3.3.3 Ruído de construção e desativação***

O ruído de construção e desmantelamento vem de máquinas e embarcações, pilotamento, explosões e instalação de turbinas eólicas. As medidas realizadas pelo Ministério Federal Alemão do Ambiente em duas plataformas atingiram níveis máximos de 193 dB a 400 metros da pilha (Mar do Norte) e 196 dB a 300 m (Mar Báltico). Picos de até 260 dB em construção de fundação e 178 dB em cabo a 100 metros da fonte de som (GILL, 2005). Esses altos níveis de som podem causar danos permanentes ou temporários aos sistemas acústicos de animais na proximidade do local de construção (GILL, 2005; KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006). No entanto, não há conhecimento científico suficiente para determinar os limiares máximos permitidos para certos efeitos (KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006; THOMSEN et al., 2006). A colaboração estreita entre físicos, engenheiros e biólogos é necessária para obter informações relevantes e obter a padronização dos procedimentos de medição em desenvolvimentos em mar aberto (KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006).

As medidas da FINO-1 a 400 m de distância da fonte revelaram picos máximos de 180 dB (THOMSEN et al., 2006). As medidas realizadas durante a construção do parque eólico North Hoyle no Reino Unido indicam que:

- O pico de barulho de pilha martelando a 5m de profundidade foi de 260 dB e a 10m de profundidade foi de 262 dB;
- Não havia orientações preferenciais para a propagação do ruído;
- O comportamento de mamíferos marinhos e peixes pode ser influenciado a vários quilômetros da turbina (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2004; THOMSEN et al., 2006);
- O comportamento dos organismos marinhos pode ser modificado pelo ruído, resultando em evitar a área durante a construção. Os possíveis efeitos sobre vida marinha dependerão da sensibilidade das espécies presentes na área e serão reduzidos quando o ruído diminuir no final da fase de construção (ou desmantelamento) (GILL, 2005);
- Diferentes grupos de trabalho estão atualmente discutindo medidas de mitigação para reduzir o dano à vida marinha;
- Início suave no procedimento de aceleração, aumentando lentamente a energia do som emitido;
- Usando uma cortina de bolha de ar em torno da pilha, o que poderia resultar em uma diminuição de 10-20 dB;
- O enrolamento da pilha apinhada com material acústico-isolado, como o plástico, pode resultar em uma diminuição de 5-25 dB no nível da fonte;
- A extensão da duração do impacto durante a pilotagem pode diminuir de 10 a 15 dB no nível da fonte;
- O uso de dispositivos acústicos que emitiram sons impediu os mamíferos durante o procedimento de aceleração; Vários pingens podem ser necessários a diferentes distâncias da fonte de som (THOMSEN et al., 2006).

#### ***2.3.3.4 Ruído operacional***

Na fase de operação, o som gerado na caixa de velocidades do gerador é transmitido pela parede da torre resultando em propagação de som subaquática. As medições do ruído emitido no ar a partir de turbinas e transformadores de vento mostraram uma contribuição

insignificante para o nível de ruído subaquático. O ruído subaquático das turbinas eólicas não é superior ao nível de ruído ambiente na faixa de frequência acima de aproximadamente 1 kHz, mas é mais alto abaixo de aproximadamente 1 kHz. O ruído pode ter um impacto na fauna bentônica, peixes e mamíferos marinhos na proximidade de fundações de turbinas eólicas (GREENPEACE, 2005).

O ruído operacional de turbinas únicas de potência nominal máxima de 1,5 MW foi medido em Utgruden, Suécia a 110 m de distância por Thomsen et al. (2006). As velocidades de vento moderadas de 12 m / s, os níveis de pressão sonora de 1/3 de oitava estavam entre 90 e 115 dB.

O ruído antropogênico pode produzir impactos comportamentais e fisiológicos sobre a vida marinha. Os impactos no comportamento incluem:

- Atração ou evitação da área;
- Pânico; e
- Aumentos na intensidade da comunicação vocal.

Relatórios sobre o impacto do ruído nos peixes mostraram uma série de efeitos, desde o comportamento de evitação até os impactos fisiológicos. Mudanças no comportamento podem fazer com que os peixes deixem de alimentar as áreas de alimentação e de desova e as rotas de migração. Estudos de impacto de ruído em invertebrados e organismos planctônicos têm um consenso geral de muito poucos efeitos, a menos que os organismos estejam muito próximos da poderosa fonte de ruído (GREENPEACE, 2005). As medições de uma turbina eólica de 1.500 kW realizadas pelo Ministério Federal do Meio Ambiente alemão descobriram que as emissões de ruído operacional não prejudicam os sistemas auditivos da foca marinha. Quanto ao comportamento, o mesmo estudo afirmou que não está claro se o ruído das turbinas tem influência sobre os animais marinhos (KÖLLER; KÖPPEL; PETERS, 2006).

Os navios estão envolvidos na construção de parques eólicos e também durante a fase de operação para manutenção de turbinas eólicas e plataformas. O ruído dos navios depende do tamanho e da velocidade do navio, embora existam variações entre embarcações de classes similares. Os navios de gama média produzem sons com uma frequência principalmente entre 20 Hz e 10 kHz e níveis entre 130 e 160 dB a 1 m (THOMSEN et al., 2006).

São necessárias abordagens padronizadas para obter certificados de ruído, semelhantes às existentes a terra.

### **2.3.3.5 *Aves marinhas***

Aves marinhas realizam não apenas voos migratórios de longa distância, mas também viagens diárias de forrageamento em resposta a mudanças climáticas, deslocamento de maré e procura por locais com oportunidade de alimentação. Como resultante dessas atividades as aves estão expostas ao risco de interação com estruturas marinhas. Tal como acontece com as aves costeiras e de interiores, as duas principais questões consideradas em relação aos parques eólicos em alto mar centram-se em torno do potencial problema da mortalidade resultante de colisões e preocupações relacionadas com o esgotamento energético e o efeito de barreira para as aves que tentam evitar os parques eólicos. (DREWITT, 2006; LANGSTON; PULLAN, 2003; PERCIVAL, 2001).

### **2.3.3.6 *Morcegos***

Além dos efeitos dos parques eólicos sobre as populações de aves, e considerando que os morcegos também fazem migrações por mar aberto e áreas costeiras, é necessário mencionar brevemente quaisquer impactos potenciais. Ressalta-se que existem diferenças fundamentais não apenas na biologia desses animais, mas na maneira como eles respondem comportamentalmente em tais instalações com relação às aves. Os morcegos investigam ativamente as turbinas eólicas, um comportamento que não foi demonstrado em aves, e os morcegos migratórios parecem ser atraídos pelas estruturas. Enquanto os morcegos são propensos a lesões de despressurização, as aves parecem ser menos susceptíveis (WILLIS et al., 2009). Apesar disso, ainda não está claro por que os morcegos são mortos por turbinas eólicas. No Reino Unido, a colocação de turbinas pode ser um problema para os morcegos, não apenas pelo risco de colisão direta se as turbinas forem colocadas nas rotas de migração ou pendulares, mas também por causa do deslocamento do habitat de forrageamento (BCT).

### **2.3.3.7 *Sedimentos marinhos***

A instalação de turbinas eólicas offshore implica na perturbação do fundo do mar nas imediações da turbina, esse efeito se deve ao tipo de fundação utilizada mais comumente a tipo monopile que exige que as estacas sejam cravadas a máxima profundidade possível, resultando na liberação de cascalho, material de grão fino que permanecerá em suspensão na água até sedimentar (WILSON, 2010).

#### **2.3.3.8 Estruturas submarinas**

Existe muito interesse nas estruturas subaquáticas da turbina que funcionam como recifes artificiais (INGER et al., 2009), por exemplo, um estudo de ligação benéfica entre parques eólicos e atum (FAYRAMA, 2007). Castro et al. (2002) avaliaram o efeito de estruturas flutuantes sobre o comportamento de agregação dos peixes, sugerindo que os parques eólicos podem atuar como dispositivos de agregação de peixe, o que resulta em taxas de captura na área imediata entre dez e cem vezes maior do que no oceano circundante aberto. A causa pode ser uma combinação do abrigo oferecido pelas estruturas, e do esforço de pesca reduzido, que é frequentemente encontrado em torno de parques eólicos offshore.

#### **2.3.3.9 Mudanças climáticas**

Em Xilingo League, Inner Mongolia, os dados de precipitação fornecidos pelo Departamento de Estatística da Água mostrou que tem ocorrido secas sem precedentes desde 2005, e que esta seca se desenvolveu muito mais rápido em áreas de turbinas eólicas (CHEN S., 2010). Biello (2010) ao analisar a temperatura de registros do parque eólico Roy e Justin em San Gorgonio campos de vento nos EUA, descobriu que o vento das turbinas podem mudar a temperatura local aquecendo as temperaturas da superfície à noite e refrescá-los durante o dia. Esta análise indicou a presença de impacto ambiental em turbinas eólicas gigantes, mas se o impacto é bom ou ruim ainda precisa ser estudado.

Keith et al. (2004) simulou o impacto climático das turbinas eólicas alterando os coeficientes de arrasto da superfície em dois diferentes modelos gerais de circulação, o que mostra que a energia eólica pode induzir mudanças climáticas nas escalas continentais, mas que seu efeito sobre a a temperatura média da superfície é menor.

Além disso, alguns engenheiros ambientais especulam que a turbulência na esteira de turbinas eólicas pode causar mudança climática misturando o ar para cima e para baixo; essa turbulência pode ser detectado a longas distâncias. A turbulência na esteira das turbinas também pode mudar a direção da velocidade do vento na superfície, o que aumentaria a umidade local e a evaporação (DAILY, 2005).

#### **2.3.3.10 Pesquisas destacadas**

Podemos ainda destacar pesquisas recentes realizadas:



Raadal (2014) investiga a emissão de gás do efeito estufa (GEE) em seis projetos de energia eólica em mar aberto, onde constatou que as emissões variavam entre 18 e 31,4g de CO<sup>2</sup>/KWh, valores emitidos devido à quantidade de aço envolvido na produção e das estruturas e na construção das fundações, em comparação a emissão de GEE e a geração de energia de outros modais, como a nuclear, fóssil e fotovoltaico, a energia eólica ainda se mostra mais vantajosa e competitiva.

McCombs (2014) pela construção de um modelo hidrodinâmico aplicado a Bacia de Kingston do leste do lago Ontário, sugere que os parques eólicos teriam pequena influência no fluxo das águas, interferindo nas ondas e circulação ao entorno do parque, interferindo na energia das ondas e redirecionando o fluxo da maré. Os resultados indicavam que a altura das ondas nas áreas costeiras seriam minimamente afetadas, as mudanças mais visíveis estariam ligadas às forças de circulação dentro do parque eólico.

No estudo de Hammar et al. (2014) foi evidenciado em um estudo de impacto ambiental (EIA) que na fase de construção do parque eólico em mar aberto na costa de Kattegat haveria interferência na vida dos bacalhaus, isso acontece devido ao intenso fluxo marítimo de máquinas e navios para instalação dos parques eólicos, resultante do aumento de ruídos e os distúrbios causados pelo trinchamento dos cabos. Na fase de operação do parque verifica-se que o derramamento de lubrificantes e os ruídos das turbinas juntamente com os campos elétricos pelos cabos de condução de energia, resultaram em efeitos adversos e estressantes na vida dos bacalhaus. O EIA do estudo confirma que estressores relacionados à construção dos parques eólicos representam o maior impacto ambiental. Porém o autor resalta que esses efeitos podem ser minimizados se o período de construção for realizado fora do período de desova do bacalhau.

Floeter et al. (2017) destaca que recentemente houve um aumento gradativo da construção de parques eólicos em mar aberto, o que resultou em inúmeros estudos em projetos ambientais e programas de monitoramento. Floeter et al. (2017), focam sua pesquisa na observação da vida marinha, como mamíferos marinhos, aves marinhas e peixes, com a justificativa que muitos trabalhos negligenciam esses aspectos. Em sua pesquisa eles observaram que devido à mudança da amplitude das marés influenciadas devido às torres eólicas servirem como “quebra mar” e a sombra projetada pelas torres nas águas, houve um aumento da concentração de oxigênio e clorofila na água, causando uma diferenciação na quantidade e tipo de plâncton e na quantidade de matéria orgânica, porém não observou mudança nos peixes. O autor atribui esse processo ao corredor da variabilidade natural, destacando a mistura vertical melhorada e uma estratificação menos profunda e menos

intensa. Ele ainda ressalva que é necessário mais estudos de causa-efeito para análise do sistema.

## 2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A Avaliação de Impacto Ambiental é adotada em todo o mundo, sendo que mais de 180 países possuem algum tipo de legislação ou regulamentação a respeito (MORGAN, 2012), ao passo que tratados internacionais subscritos pelo Brasil também adotam a AIA (SÁNCHEZ E CROAL, 2012), com destaque para a Convenção da Diversidade Biológica, que requer que os países signatários avaliem os impactos de projetos, planos e políticas que possam acarretar sensíveis efeitos negativos à biodiversidade. O processo de AIA começou a ser adotado há cerca de 50 anos, com o propósito de servir como instrumento preventivo de planejamento ambiental, sendo desenvolvido com a finalidade de influenciar as diversas decisões envolvidas na análise de viabilidade, instalação, operação e desativação de um empreendimento, de modo a minimizar os impactos ambientais negativos e potencializar os positivos. Este instrumento pode ser definido como um conjunto de procedimentos para exame sistemático das consequências futuras de uma ação presente ou proposta (CANTER, 1996; GLASSON, THÉRIVEL E CHADWICK, 2012; IAIA, 2009; SÁNCHEZ, 2013). Além de analisar as consequências de uma proposta, o processo de AIA também abarca a proposição de ações para melhoria de seu desempenho ambiental e social.

No Brasil o CONAMA na Resolução N° 001, de 23 de janeiro de 1986, define como necessário a avaliação de impactos para diversas atividades e empreendimentos, estabelecendo as diretrizes e legislações as quais o estudo de impacto ambiental deve atender as atividades técnicas como diagnóstico ambiental, alternativas de projetos, medidas mitigadoras e ações de monitoramento. Porém a resolução não especifica a metodologia ou os parâmetros que devem ser utilizados para a avaliação dos impactos, ficando a escolha do avaliador os parâmetros e metodologia a ser utilizada. Do ponto de vista do autor dessa dissertação as subjetividades de escolha de metodologia e de parâmetros de avaliação dificultam a equiparação entre estudos de impactos admitindo mais de um tipo de interpretação dos dados, porém é reconhecido que cada estudo de impacto ambiental é único e possui características particular, fazendo com que a adoção de um modelo único de avaliação se torne inviável.

As metodologias existentes de avaliação são estruturadas com o intuito de comparar, organizar e analisar informações sobre impactos ambientais. Porém devido às diversidades

das metodologias de AIA, é necessário adaptá-las as condições avaliadas, modificando os métodos para que se encaixem nas necessidades das tomadas de decisões do projeto. São de critério da equipe avaliadora a escolha do método mais apropriado e as modificações a serem adotadas. Desta forma, a AIA é a ferramenta que define procedimentos lógicos, técnicos e operacionais. Faz-se necessário o uso de avaliações para geração de projetos, planos, programas e políticas que evitem tais impactos ou minimizem seus efeitos, ou até mesmo, inviabilizar um determinado empreendimento (BARBOSA, 2017).

Podemos citar as seguintes linhas de desenvolvimento metodológicas que caracterizam a AIA no Quadro 1:

Quadro 1 - Resumo dos métodos de avaliação de impacto ambiental

Tipo de método	Descrição breve	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<b>Métodos Ad Hoc</b> (STAMM, 2003; CARVALHO e LIMA, 2010; RANIERI et al., 1998; SUREHMA/GTZ, 1992)	Reunião de especialistas; criação de grupo de trabalho com profissionais de diversas disciplinas	Avaliações em tempo curto e quando há carência de dados A legislação vigente no país não permite sua utilização como método de AIA	Rapidez Baixo custo	Não promovem análise sistemática dos impactos Resultados com alto grau de subjetividade e fundamento técnico- científico deficiente
<b>Listagens de Controle</b> (STAMM, 2003; CARVALHO e LIMA, 2010)	<b>Simple</b>	Listas de fatores ambientais, às vezes associados a parâmetros e ações do projeto.	Diagnóstico ambiental da área de influência	Não identificam impactos diretos ou indiretos Não consideram características temporais dos impactos, nem espaciais. Não analisam as interações dos fatores ou dos impactos ambientais Não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais
	<b>Descritivas</b>	Listas mais orientadas para análise dos impactos (fontes de dados, técnicas de previsão); questionários.	Diagnóstico ambiental da área de influência; análise dos impactos.	
	<b>Escalares</b>	Listas mais escaladas de valores para fatores e impactos ambientais	Diagnóstico ambiental; comparação de alternativas	
<b>Matriz de interação</b> (FINUCCI, 2010; MOTA e AQUINO, 2002; BECHELLI, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009; TOMASSI, 1994).	Listagens de controle bidimensionais dispostas nas linhas os fatores ambientais e nas colunas as ações do projeto; cada célula de interseção representa a relação de causa e efeito geradora de impacto.	Identificação dos impactos ambientais diretos	Boa disposição visual do conjunto de impactos diretos Simplicidade de elaboração Baixo custo	Capacidade restrita de representar adequadamente sistemas complexos Podem acarretar simplificação exagerada das interações Não destaca a importância relativa dos impactos
<b>Sobreposição de mapas Hoc</b> (STAMM, 2003; CARVALHO e LIMA, 2010; RANIERI et al., 1998; SUREHMA/GTZ, 1992)	Preparação de cartas temáticas em transparência; síntese das interações dos fatores ambientais por superposição das cartas ou processamento no computador.	Projetos lineares - escolha de alternativas de menor impacto. Diagnósticos ambientais.	Boa disposição visual; dados mapeáveis.	Subjetividade dos resultados e não quantifica a magnitude dos impactos Não admite fatores ambientais; não mapeáveis; difícil integração de impactos socioeconômicos. Não atende às demais etapas do EIA e não considera a dinâmica dos sistemas ambientais
<b>Redes de interação</b> (MORRIS e THERIVEL, 1995; CARVALHO e LIMA, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009; FENUCCI, 2010; MORGAN, 1998; ERICKSON 1994)	Gráfico ou diagrama representado cadeia de impacto gerados pelas ações do projeto	Identificação dos impactos ambientais diretos e indiretos (secundários, terciários, etc.)	Abordagem integrada na análise dos impactos e suas interações Facilidade de troca de informações entre disciplinas	Não destacam importância relativa dos impactos Não consideram aspectos temporais e espaciais dos impactos Não atendem as demais etapas do EIA Não preveem cálculo de magnitude Não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais

Tipo de método	Descrição breve	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<b>Diagramas de sistemas</b> (MORRIS e THERIVEL, 1995; CARVALHO e LIMA, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009; FENUCCI, 2010; MORGAN, 1998; ERICKSON 1994)	Difere das redes por incluir indicação da intensidade do impacto  Consideram o fluxo de energia	Avaliação da intensidade dos impactos	Permite determinar os efeitos das ações e o comportamento do sistema, avaliando a intensidade dos impactos  Podem ser aplicados a vários tipos de sistemas	Não avalia a intensidade de ruído, fatores estéticos e variáveis socioculturais
<b>Modelos de Simulação</b> (FINUCCI, 2010; MOTA e AQUINO, 2002; BECHELLI, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009; TOMASSI, 1994).	Modelos matemáticos computadorizados que representam o funcionamento dos sistemas ambientais	Diagnósticos e prognósticos da qualidade ambiental da área de influência  Comparação de alternativas - cenários  Projetos de grande porte	Considera a dinâmica dos sistemas ambientais, interação entre fatores e impactos, variável temporal  Promovem troca de informações e integrações das disciplinas  Tratamento organizado de grande número de variáveis qualitativas e quantitativas	Representação de qualidade imperfeita Custo elevado Uso de computadores
<b>Sistemas especialistas em computador</b> (MORRIS e THERIVEL, 1995; CARVALHO e LIMA, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009; FENUCCI, 2010; MORGAN, 1998; ERICKSON 1994)	Questionamentos sistemáticos ao usuário com uma série de perguntas, através do conhecimento do sistema e suas inter-relações a serem investigadas	Métodos particularmente intensivos de análise de informação  Geração, no computador, da mesma solução que seria dada por um especialista	Potencial de revisão e aprimoramento como o passar do tempo	Necessidade de um sistema bem programado Necessidade de revisar e aprimorar o sistema constantemente Exige recursos humanos capacitados

Fonte: o autor, 2018.

## 2.5 MATRIZ DE LEOPOLD

A Matriz de Leopold é considerada um dos tipos de matrizes de interação, sendo a mais difundida nacional e internacionalmente. Criada em 1971 por Leopold, é uma matriz bidimensional que relaciona as ações de um projeto a vários fatores ambientais (FOGLIATTI, 2004; MAVROULIDOU, 2007; SOUSA, 2011).

Segundo Potrich (2007, p. 166), o uso da Matriz de Leopold “permite uma rápida identificação, ainda que preliminar, dos problemas ambientais envolvidos em determinado processo, também permite identificar para cada atividade, os efeitos potenciais sobre as variáveis ambientais”. É uma das ferramentas mais utilizadas na elaboração de EIA/RIMA no Brasil e permite avaliar impactos associados a quase todos os tipos de projetos. A matriz original possibilita a análise de 8.800 interações, através de 100 colunas representando as ações do projeto, e 88 linhas relativas aos fatores ambientais, entretanto a dificuldade de se trabalhar com tantas interações resulta em adaptações e consolidação da matriz de acordo com cada projeto (MAVROULIDOU, 2007; ROCHA, 2005; SOUSA, 2011).

Os impactos evidenciados pela matriz apresentam dois atributos principais: magnitude que é a grandeza em escala espaço-temporal da interação das ações e importância que está relacionada com a intensidade do efeito na área de influência do empreendimento ou fora dele, correspondente ao fator ambiental (LEOPOLD et al., 1971). Já para Richieri (2006), “Magnitude é a medida extensiva, grau ou escala de impacto e importância se refere à significância da causa sobre o efeito”.

O princípio básico da Matriz de Leopold consiste em assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores e em seguida ponderar a magnitude e a importância de cada impacto, enquanto a valoração da magnitude é relativamente objetiva, a pontuação da importância é subjetiva uma vez que envolve atribuição de peso relativo ao fator afetado no âmbito do projeto (COSTA, 2005). Em uma dimensão, as características existentes e condições do meio ambiente são caracterizadas e incluem os seguintes componentes: características físicas e químicas, condições biológicas, fatores culturais e relações ecológicas. A outra dimensão envolve as ações propostas que podem causar impactos ambientais (SOUZA, 2011).

Com diversas variantes, esta matriz tem sido utilizada em estudos, procurando associar os impactos de uma determinada ação de um empreendimento com as diversas características ambientais de sua área de influência (MAVROULIDOU, 2007; MOTA, 2002). Cada célula da matriz mostra a relação entre as atividades do projeto e a característica ou condição ambiental,

qualificando a magnitude e a importância. A magnitude é colocada no canto superior esquerdo de cada célula e, a importância, no canto inferior direito, o estabelecimento destes pesos constitui um dos pontos mais críticos, não só das técnicas matriciais, mas também dos demais métodos quantitativos (IBAMA, 2001). Para Costa (2005), a matriz de Leopold pode ser criticada neste sentido, pois, em sua concepção primeira não demonstra com clareza as bases de cálculo das escalas de pontuação de importância e magnitude.

“A Matriz de Leopold apresenta uma grande deficiência por não considerar em sua análise aspectos temporais e espaciais e leva em conta somente os impactos diretos do projeto” (FOGLIATTI, 2004, p. 48). Porém, conforme apontam Mota (2002), Fogliatti (2004) e Costa (2005), as vantagens desta ferramenta superam as desvantagens, pois o método além de permitir fácil compreensão dos resultados, aborda fatores biofísicos e sociais. Também permite utilizar poucos dados na sua elaboração, sendo eles qualitativos e quantitativos. Possui caráter multidisciplinar, baixo custo e simplicidade na elaboração, apresentando boa orientação e disposição visual. Até mesmo os métodos mais simples de avaliação oferecem uma base adequada para o processo de tomada de decisão, desde que a formulação do problema e a justificação das decisões possam ser apresentadas de forma clara juntamente com os resultados finais (SOUSA, 2011).

A importância de cada impacto ambiental identificado pode variar de uma organização para outra de acordo com o tipo e classe do empreendimento. A NBR ISO 14004 apresenta que a avaliação de um impacto pode ser facilitada, levando-se em conta:

- Escala do impacto;
- Severidade do impacto;
- Probabilidade de ocorrência;
- Duração do impacto.

Além do exposto, outros autores também utilizam outros critérios como o momento de ocorrência do impacto, a temporalidade, a comutatividade, se o efeito é benéfico ou adverso e se a origem é direta ou indireta (SANCHEZ, 2008).

Mas toda aplicação de avaliação de impacto ambiental deve ser orientada por um escopo previamente definido ao qual irá conferir as diretrizes e apontar os aspectos e atributos que devem ser utilizados para aplicação de qualquer método de avaliação de impacto ambiental adotado.

A definição de parâmetros adaptados para caracterização dos itens de avaliação foi o de Barbosa, (2017). Os parâmetros consistem nas definições de Situação, Abrangência, Incidência, Temporalidade, Classe e Reversibilidade dos impactos ambientais. Os itens destacados são definidos como (BARBOSA, 2017):

- a) Situação: determina o tipo de ocorrência do impacto. Impactos considerados Normais são aqueles previstos que ocorram em projeto e já possuem avaliação prévia. Impactos Anormais são aqueles que não estão previsto de ocorrência, geralmente são impactos decorrentes do efeito cumulativo de ações indiretas ou impactos desconhecidos até o momento da ocorrência. Impactos de Risco são todos aqueles que comprometem a integridade do projeto, que podem levar ao colapso.
- b) Abrangência: determina a extensão físico em que o impacto atuará. E caracterizado em Local, quando o impacto é sentido apenas no local da ocorrência, Regional, quando o impacto é sentido além das imediações da sua ocorrência podendo se espalhar por uma área e Global, quando o impacto atinge grandes proporções podendo atingir um componente ambiental.
- c) Incidência: determina a forma de impacto no ambiente, se ele ocorre devido a uma atividade que está sendo realizada é caracterizado como impacto Direto, se mesmo que o impacto seja decorrente da atividade que está sendo realizada, porém fora da área de controle, ele é caracterizado como impacto Indireto.
- d) Temporalidade: caracteriza o tempo que o impacto permanecerá no ambiente após o término das atividades. Se o impacto cessa após o término da atividade que o desencadeou, é caracterizado como Temporário. Caso o impacto permaneça no ambiente após o término das atividades por período não mensurável, ele é considerado Permanente.
- e) Reversibilidade: determina a possibilidade da recuperação total ou em quase sua totalidade após a ocorrência do impacto. Caso exista a possibilidade de recuperação do ambiente o impacto é considerado Reversível. Para os casos em que não haja possibilidade de recuperação do meio ambiente, o impacto é considerado Irreversível.
- f) Severidade: este fator é determinado através da análise da Situação, Abrangência, Incidência, Temporalidade, Classe e Reversibilidade, que classificará a Severidade como sendo Alta, Média, Baixa e Mínima. Para a determinação desses fatores será adotada uma escala numérica.



- g) Frequência/Probabilidade: este é o parâmetro determinado pela ocorrência do impacto, sendo ele considerado de Frequência/Probabilidade Baixa quando o impacto ocorre poucas vezes ou que seja improvável que ocorra, Médio se for um impacto que tem ocorrência recorrente e que possa a vir a ocorrer, e Alta para impactos com ocorrência recorrente ou permanente e que com certeza irá ocorrer. Para quantificação do fator uma escala numérica será atribuída.
- h) Importância: determina a classificação do impacto e as ações mitigadoras a serem tomadas. Essa análise é determinada por equação numérica dada pelos coeficientes da Severidade e Frequência/Probabilidade. A partir do resultado dessa equação é classificado a Importância do impacto em Desprezível, Moderado e Alto. E destacado que essa análise pode ser influenciada pelo fator da magnitude. (JOSIMOVIC, 2014).
- i) Magnitude: Bisset (1987) define que a magnitude é a soma das variáveis Abrangência, Temporalidade e Severidade. Pode-se dizer que a magnitude é uma variável objetiva ou empírica, e que a importância envolve a atribuição de valor relativo, sendo sujeita a normas. Estabelecer valor para a Magnitude constitui nos pontos mais críticos na AIA. O sistema da Matriz de Leopold pode ser questionado nesse âmbito, pois sua constituição não especifica as escalas de valorização e a variável que quantifica o grau de gravidade do impacto. A quantificação é realizada pela análise do impacto nos meios físicos, bióticos, antrópicos e socioeconômicos, onde a soma total dos fatores determina a magnitude. Este método permite compreensão facilitada dos resultados, pela abordagem de fatores biofísicos, sociais, dados qualitativos e quantitativos, e fornecer continuidade dos estudos possibilitando a introdução da multidisciplinaridade. (ALMEIDA, 1994). Para quantificação da magnitude do impacto será utilizada a classificação de Significância do “Método de Battele” (DEE et al., 1973), exemplificado nos procedimentos metodológicos.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A resolução da hipótese desta pesquisa foi realizada através da avaliação técnica dos impactos ambientais nas modalidades eólicas em terra e em mar aberto considerando todos os impactos identificados pela literatura que possam existir nesses empreendimentos, desconsiderando particularidades de localidades de implantação.

Da revisão de artigos científicos, estudos de impactos ambientais e demais literaturas, foi possível identificar os impactos ambientais na modalidade eólica em cada uma das fases do empreendimento (execução e operação), reconhecendo os agravantes gerados no meio físico, biológico e socioeconômico. Após a análise e reconhecimento dos impactos, os mesmos foram inseridos na Matriz de Leopold adaptada como meio de quantificação dos impactos. Para isso indicadores e parâmetros (Magnitude, Importância e Significância) são utilizados, sendo alguns desenvolvidos para o trabalho e outros retirados da literatura, os indicadores. O procedimento para a execução do trabalho foi baseado na Resolução N° 01, de 23 de janeiro de 1986 do CONAMA que estabelece os requisitos mínimos que uma análise de impacto ambiental deve apresentar:

- 1) Identificação das etapas de instalação e operação dos parques eólicos em terra e em mar aberto. Esta etapa foi realizada baseada nas revisões dos EIA/RIMA de Complexo Eólico Harmonia, Parques Eólicos Rosa dos Ventos I e II, Complexo Eólico Serra Azul e do parque de Horns Rev na costa oeste da Dinamarca, identificando todas as etapas de execução dos empreendimentos (preparo do terreno, fundação, construção e etc.), atividades que foram realizadas na execução das etapas do empreendimento (desmatamento, construção de acessos, preparação de terreno, desapropriação de áreas e etc.) e as formas de tratamento dessas atividades (despejo de detritos, trabalhos preliminares de mitigação, estudos preliminares e etc.), esta revisão está contida no Apêndice G e H.
- 2) Identificação dos impactos ambientais de cada etapa de instalação e operação dos parques eólicos utilizando a baseada da revisão de artigos científicos e nos estudos de impactos ambientais da revisão de literatura. Nessa é etapa identificado os impactos ambientais, suas causas, características e os efeitos nos meio físico, biológico e socioeconômico. Com os resultados dessa etapa foi construída pelo autor uma tabela de interações entre os mecanismos de

impacto e as características ambientais avaliadas (meio físico, biológico e socioeconômico). Os resultados dessa etapa podem ser apreciados nos Apêndices A e B.

- 3) Determinação dos parâmetros para quantificação dos impactos ambientais de acordo com sua gravidade, frequência de ocorrência, tempo de duração e abrangência. Esta determinação é realizada através de parâmetros indicados pela literatura e estudos de impacto ambientais, adaptados para este trabalho.
- 4) Implementação dos dados na Matriz de Leopold, retornando a quantificação final dos impactos através das variáveis Magnitude, Importância e Significância. A Matriz de Leopold adaptada foi desenvolvida através da concepção original da Matriz de Leopold (LEOPOLD et al. 1971), utilizando os meios de impactos (físico, biológico e socioeconômico) definidos por Barbosa, 2017, essa adaptação foi realizada, pois a matriz de Leopold apresenta 100 meios de atuação do impacto, e o modelo de Barbosa, 2017 utiliza apenas os meios de impactos afetados pelos empreendimentos eólicos. A Matriz de Leopold pode ser apreciada nos Apêndices E e F.
- 5) Identificação da modalidade eólica com menor impacto ambiental. Identificação realizada através dos resultados obtidos pela quantificação da Matriz de Leopold comparando as modalidades eólicas em terra e em mar aberto.

### 3.1 RECONHECIMENTO DOS IMPACTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS MODAIS EÓLICOS

O reconhecimento dos impactos ambientais partiu da análise das fases de execução dos empreendimentos eólicos (fundação, construção, operação, desativação e etc.) realizada pela análise dos estudos de impacto ambiental, proporcionando assim o reconhecimento da fase de ocorrência e término do impacto e suas características de causa. O reconhecimento dos mecanismos de impactos ambientais e sua atuação e consequência nos meios físicos, biológicos e socioeconômicos foram identificados pelos apontamentos de artigos científicos apresentados na revisão de literatura e pelos estudos de impacto ambiental.

Para facilitar a apreciação dos dados e os resultados obtidos foi desenvolvida uma tabela de interações onde a coluna horizontal apresenta as fases de execução do

empreendimento e os mecanismos de impacto resultante de cada fase e na vertical é apresentado às interações dos mecanismos de impacto com os meios físicos, biológicos e socioeconômicos conforme a figura 1.

Figura 1 - representação do quadro de análise de impactos com o meio receptor

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR						
Fase de desenvolvimento	Atividade	Mecanismo de impacto	Interações com meio físico	Interações com o meio biológico	Interações de conservação	Interações com o meio socioeconômico

Fonte: o autor (2018).

Onde:

- a) Fase de desenvolvimento: é a fase onde estão atribuídas as operações que serão realizadas no empreendimento eólico;
- b) Atividade: é a operação desenvolvida no parque eólico;
- c) Mecanismo de impacto: é a operação que desencadeará o impacto no ambiente;
- d) Interações com o meio físico: é como o impacto gerado pelo mecanismo de impacto irá incidir sobre o meio físico do ambiente (terra, água, ar, etc.);
- e) Interações com meio biológico: é como o impacto gerado pelo mecanismo de impacto irá incidir sobre o meio biológico do ambiente (fauna, flora, etc.);
- f) Interações com o meio de conservação: é como o impacto gerado pelo mecanismo de impacto irá incidir sobre espécies ameaçadas ou na alteração do ambiente;
- g) Interações com o meio socioeconômico: é como o impacto gerado pelo mecanismo de impacto irá incidir sobre a população e a economia.

Essa interação entre o mecanismo de impacto com o ambiente receptor auxilia a melhorar a compreensão com auxílio da revisão de literatura a situação, abrangência, temporalidade, classe, capacidade de reversão, incidência e a frequência/probabilidade de como o impacto atuará. Essa compreensão é responsável pela classificação da Importância e da Magnitude do impacto.

### 3.2 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ DE LEOPOLD

A Matriz de Leopold foi escolhida como método para esse trabalho devido aos seguintes fatores:

- a) Apresenta abordagem estrutural para AIA de um empreendimento, possibilitando seu ajuste para mudanças futuras;
- b) É amplamente utilizada para EIA em diferentes empreendimentos, sendo amplamente utilizada pelo meio científico e profissional, facilitando a compreensão dos dados inseridos;
- c) A forma de apresentação pode ser adaptada ao problema em questão, facilitando a compreensão da análise e as tomadas de decisões que poderiam ser realizadas em um EIA;
- d) É compatível com o método Multi-Criteria Decision Making (MCDM) utilizado em diversos outros campos de análise, facilitando com que seus dados sejam transportados de um modelo ao outro.

Após a primeira fase do projeto onde foram identificadas as atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente e os aspectos ambientais existentes que podem ser afetados por essas atividades, foi desenvolvido a Matriz de Leopold em etapas:

Análise da Importância: determinada através do somatório dos índices Severidade e Frequência/Probabilidade. O índice Severidade foi determinado através do somatório dos índices Situação, Abrangência, Incidência, Temporalidade e Reversibilidade de acordo com a equação 1:

$$Severidade = S + A + I + T + R \quad (3.1)$$

Sendo:

$S$  = Situação;

$A$  = Abrangência;

$I$  = Incidência;

$T$  = Temporalidade;

$R$  = Reversibilidade

Os valores para cálculo da Severidade são descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Matriz de Leopold: Índices da Severidade

<b>ÍNDICES DA SEVERIDADE</b>	
SITUAÇÃO	Normal = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Risco = +2
ABRANGÊNCIA	Local = +1
Valor atribuído: 1 a 3	Regional = +2
	Global = +3
INCIDÊNCIA	Direta = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Indireta = +2
TEMPORALIDADE	Temporário = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Permanente = +2
REVERSIBILIDADE	Reversível = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Irreversível = +2

Fonte: o autor, 2018.

O coeficiente de Frequência/Probabilidade é determinado pelos parâmetros da tabela 2:

Tabela 2 - Matriz de Leopold: coeficiente de frequência/probabilidade

<b>COEFICIENTE DE FREQUÊNCIA E PROBABILIDADE</b>	
Frequência	Baixa = +1 - <b>ocorre poucas vezes ou que seja improvável que ocorra</b> Média = +2 - <b>ocorrência recorrente e que possa a vir a ocorrer</b> Alta = +3 - <b>ocorrência recorrente ou permanente e que com certeza ira ocorrer</b>
Probabilidade	Baixa = +1 - <b>ocorre poucas vezes ou que seja improvável que ocorra</b> Média = +2 - <b>ocorrência recorrente e que possa a vir a ocorrer</b> Alta = +3 - <b>ocorrência recorrente ou permanente e que com certeza ira ocorrer</b>

Fonte: o autor, 2018.

A pontuação da Importância é feita através do somatório dos pontos referentes à Severidade, Frequência e Probabilidade conforme a equação 2:

$$I = S + F * P \quad (3.2)$$

Sendo:

$I$  = Importância;

$S$  = Severidade;

$F$  = Frequência;

$P$  = Probabilidade.

A Análise da Importância se dá conforme os parâmetros a seguir de acordo com o Manual de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais da Marinha do Brasil:

**a) Importância < 9 - Baixo**

Os aspectos ambientais e seus respectivos impactos com Importância  $I = 5$  (situações normais e de risco) deverão ser desprezados, já que, em sua avaliação, o aspecto teve um impacto com severidade baixa e uma frequência / probabilidade improvável de ocorrer (pouco frequente). Não poderão ser desprezados os aspectos / impactos que apresentarem magnitude considerável no somatório de aspectos / impactos similares, ou seja, que tenham um efeito cumulativo, por exemplo: resíduos sólidos na área centralizadora de resíduos, emissões gasosas em áreas com maior ocorrência do aspecto, efluentes líquidos no tratamento final, aspectos similares numa mesma atividade.

**b) Importância > 16 - Alto**

Para itens cuja pontuação da Importância for maior que 16 ( $I > 16$ ), devem necessariamente ser estabelecidos objetivos e metas ambientais (ações concretas que resultem em redução dos impactos ambientais associados àqueles itens).

Os impactos associados a situações de risco que apresentam importância  $I > 16$  são considerados inaceitáveis. Neste caso, são atividades que devem ser executadas sob medidas preventivas ou tomadas providências imediatas para baixar o nível do risco. Após a realização de tais medidas, a atividade deve ser novamente submetida à avaliação de aspectos e impactos ambientais para caracterização do risco remanescente.

### **c) Importância “entre” 9 e 16 - Moderado**

Para as situações de risco cujos impactos apresentar severidade maior que 8 ( $S > 8$ ), deverão ser previstas necessariamente ações / medidas mitigadoras em um Plano de Ação de Emergência Ambiental.

Para as situações cuja análise resultar em  $S = 5$  e cujas ações mitigadoras não puderem ser gerenciadas com recursos humanos e materiais da própria área, deverá ser previstas necessariamente ações / medidas mitigadoras em um Plano de Ação de Emergência Ambiental.

Para as situações normais com importância entre 9 e 16 ( $I = \text{entre } 9 \text{ e } 16$ ) as ações mitigadoras serão sempre gerenciadas com recursos da própria área. Para as atividades cuja avaliação de aspectos e impactos ambientais em situações normais resultar em importância entre 9 e 16, deverá atender requisitos legais e metas ambientais.

### **d) Impacto não significativo**

Será considerado não significativo o impacto de severidade baixa ( $S < 5$ ) e cuja avaliação da importância resultar em  $I < 9$  e que não possua requisitos legais ou outros requisitos ambientais e nem envolva partes interessadas.

Análise da Magnitude: Bisset (1987) define que a Magnitude é a somatória das variáveis extensão, periodicidade e intensidade. Este método permite compreensão facilitada dos resultados, pela abordagem de fatores biofísicos, sociais, dados qualitativos e quantitativos, e fornece continuidade dos estudos possibilitando a introdução da multidisciplinaridade. Contudo o resultado da ponderação de atributos não é uma medida do impacto, no sentido físico de uma grandeza que possa servir de padrão para avaliar outras do mesmo gênero, mas uma apreciação qualitativa da importância do impacto (SÁNCHEZ, 2006).

Para facilitar a apreciação dos dados e os resultados obtidos foi desenvolvido uma tabela de interações onde a coluna horizontal apresenta as fases de execução do empreendimento e os mecanismos de impacto resultante de cada fase e na vertical é apresentado às interações dos mecanismos de impacto com os meios físicos, biológicos e socioeconômicos conforme a quadro 2:





Tabela 3 - Matriz de Leopold: índice de magnitude

<b>ÍNDICES DE MAGNITUDE</b>	
SITUAÇÃO	Normal = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Risco = +2
ABRANGÊNCIA	Local = +1
Valor atribuído: 1 a 3	Regional = +2
	Global = +3
INCIDÊNCIA	Direta = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Indireta = +2
TEMPORALIDADE	Temporário = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Permanente = +2
REVERSIBILIDADE	Reversível = +1
Valor atribuído: 1 a 2	Irreversível = +2

Fonte: o autor, 2018.

O valor total do somatório dos valores ponderados de cada atributo, somados ao final atribuem um valor total de Magnitude daquele mecanismo de impacto.

O somatório total de todos os mecanismos de impacto determina o valor total da Significância do impacto ambiental do modal eólico, com esse valor será possível definir o tipo de modelo de empreendimento eólico que apresenta menor impacto ambiental.

Para a melhor apreciação dos valores de Magnitude será adotado o modelo de escala adaptado do *Environmental Evaluation System* ou “Método de Battele” (DEE et al., 1973) que classifica a Magnitude em três parâmetros: “Pequena” para valores de Significância inferiores a 28, “Média” para valores entre 29 a 44 e “Grande” para valores superiores 45.

Para facilitar a tomada de decisões com relação às medidas de controle de impactos, foi desenvolvida uma matriz de interação entre a quantificação dos coeficientes de Importância e de Magnitude apresentada no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Matriz de interação Magnitude x Importância

Magnitude	Importância			
	Não Significante	< 9 (Baixo)	Entre e 16 (Moderado)	> 16 (Alto)
Pequena	Não Significativo	Não Significativo	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras
Média	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Inaceitável
Grande	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Inaceitável

Fonte: o autor, 2018.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MECANISMOS DE IMPACTO

Após a revisão dos relatórios de impactos ambientais do Complexo Eólico Harmonia, Parques Eólicos Rosa dos Ventos I e II, Impacto Ambiental Complexo Eólico Serra Azul e do parque de Horns Rev na costa oeste da Dinamarca, foi possível reconhecer as fases de construção e atividades desempenhadas nos empreendimentos eólicos (preparação do terreno, fundação, montagem, operação e etc.).

Reconhecendo cada uma das fases de construção, foi possível determinar a forma como cada atividade interfere no meio receptor (geração de partículas, geração de ruído, desmatamento, perfurações, montagem e etc.), esse reconhecimento foi chamado de mecanismo de impacto.

Após a determinação do mecanismo de impacto foi identificada a forma de interação com o meio receptor através dos artigos científicos que apontam como ocorre a interferência e a forma como afeta o ambiente e suas consequências, por exemplo, o mecanismo de impacto “movimentação das pás eólicas” gera impacto sobre a avifauna da região, ou a “perfuração do leito marinho” que gera partículas dispersas na água que podem impactar a vida marinha local.

Para melhor exposição dos dados identificados foi desenvolvida uma tabela com os seguintes quesitos “Fase de desenvolvimento”, “Atividade”, “Mecanismo de impacto”, “Interação com o meio físico”, “Interação com o meio biológico”, “Interação de conservação” e “Interações com o meio socioeconômico”. Essa tabela preenchida encontra-se no Apêndice A e B. Esta análise é importante, pois serve como base para a mensuração quantitativa dos impactos pela Matriz de Leopold.

Para facilitar a apreciação dos dados é apresentado dois quadros com o resumo dos impactos associados à matriz eólica em terra e em mar aberto nos Quadros 4 e 5. Os quadros estão divididos em “Atividade” que designa a fase de execução do empreendimento. “Mecanismo de impacto” que se refere à ação desencadeada pela atividade executada que culminará em um impacto ambiental. As fases de “Atividade” e “Mecanismo de Impacto” auxiliam na determinação do momento de ocorrência e na duração do impacto, se o impacto continua após a atividade ser terminada ou se continua no ambiente. “Impacto ambiental” exhibe o impacto resultante do mecanismo de impacto, através dessa identificação pode-se

determinar como impacto atuará no meio físico, biológico e socioeconômico. E “Autores” que elenca os autores que contribuíram na revisão literária para a identificação das informações dispostas nos quadros 4 e 5.

Quadro 4 - Aspectos e impactos na energia eólica em terra

<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Autores</b>
<b>Locação de trabalhadores</b>	Acomodação dos colaboradores no município	Geração de resíduos e esgoto sanitário e industrial, Aumento do consumo de água e energia elétrica.	[GWRC, 2017]; [MEDEIROS, 2009]; [MENDES, 2002]; [MEYER, 2014]; [PERES & BERET, 2003]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2015]; [SILVA, 2014]
	Moradias provisórias		
<b>Infra-estrutura inicial para obras</b>	Abertura ou reabilitação dos principais acessos	Geração de poeira e ruídos	[BARBOSA & AZEVEDO, 2013]; [GORAYEB & BRANNSTROM, 2016]; [JOSIMOVIC, 2014]; [MEDEIROS, 2009]; [MENDES & COSTA, 2002]; [MEYER et al. 2014]; [PACHECO & SANTOS, 2012]; [PERES & BERED, 2003]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [SDC, 2005]
	Obras de drenagem pluvial	Alteração da qualidade da água superficial, Geração de poeira e ruídos, Erosão do solo	
	Construção ou readequação de pontes ou bueiros.	Geração de resíduos de construção	
<b>Fundação</b>	Execução das escavações para construção das fundações das torres.	Geração de poeira e ruídos.	[GORAYEB & BRANNSTROM, 2016]; [JABBER, 2013]; [MEYER, 2014]; [MOURA-FÉ & PINHEIRO, 2013]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [SDC, 2005]; [SILVA, 2014]; [SOUSA, 2011]
	Preparação da plataforma para montagem e manutenção	Interferência sobre a flora, Geração de poeira e ruídos, Erosão do solo	
	Armazenamento temporário do material resultante das escavações	Erosão do solo	
<b>Transporte</b>	Transporte das estruturas dos Aerogeradores	Contaminação do solo por óleos e combustíveis. Geração de poeira e ruídos	[FOGLIATTI, FILIPPO & GOUDARD, 2004]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2015]
<b>Montagem</b>	Montagem dos aerogeradores	Geração de ruídos, Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de resíduos.	[RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2015]
<b>Construção de subestações de energia e infra-estrutura</b>	Construção da rede de energia interna do parque	Geração de resíduos da construção, Geração de poeira e resíduos, Contaminação do solo por óleos e combustíveis	[BARBOSA & AZEVEDO, 2013]; [MEYER, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2015]

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto Ambiental	Autores
	Construção da subestação elevadora	Geração de efluentes sanitários, Geração de resíduos sólidos e líquidos	
<b>Recuperação da área</b>	Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	Geração de empregos, Aumento de consumo de água e energia elétrica	[MEYER, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [SIMAS & PACCA, 2014]
<b>Instalação da turbina</b>	Instalação de turbina	Presença física da superespacial estruturas	[DREWITT & LANGSTON, 2006]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]
<b>Comissionamento</b>	Averbação dos terrenos	Geração de renda aos proprietários das terras	[RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [SOVERNIGO, 2009]
<b>Sub estações de energia</b>	Presença da subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	Geração de resíduos sólidos e líquidos (efluentes sanitários)	[DREWITT & LANGSTON, 2006]; [MEDEIROS, 2009]; [PACHECO & SANTOS, 2012]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]
	Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	Alteração da paisagem	
<b>Operação</b>	Presença e funcionamento dos aerogeradores	Geração de ruídos Impacto com aves Influencia em ondas de rádio	[BARBOSA, 2008]; [BIELLO, 2010]; [CHEN S, 2010]; [DAILY S, 2005]; [DREWITT & LANGSTON, 2006]; [HODOS, 2003]; [JABBER, 2013]; [LANGSTON & PULLAN, 2003]; [MEDEIROS, 2009]; [MEYER, 2014]; [MOURA-FÉ & PINHEIRO, 2013]; [PACHECO & SANTOS, 2012]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [SDC, 2005]; [SOVERNIGO, 2009]; [STAMM, 2003]; [HOOPER, 2017]; [VEJA, 2013]; [WILLIS, 2009]
	Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	Melhoria da malha viária municipal	
	Manutenção de equipamentos	Geração de resíduos, Contaminação do solo por óleos, graxas e combustíveis.	
<b>Riscos ocasionais não previstos</b>	Incidente que leva a derrame químico	Poluição química	[BARBOSA & AZEVEDO, 2013]; [MEYER et al. 2014]; [MOURA-FÉ & PINHEIRO, 2013]; [SDC, 2005]
	Incidente que leva a derrame de óleo / combustível	Poluição por óleo	
	Perda de equipamento /	Geração de detritos	

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto Ambiental	Autores
	estrutural componentes		
<b>Desativação do empreendimento, remoção de maquinário</b>	Remoção e transporte dos equipamentos	Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de poeira e ruídos	[BARBOSA & AZEVEDO, 2013]; [BARBOSA, 2008]; [BIELLO, 2010]; [CHEN S, 2010]; [DAILY S, 2005]; [MEYER et al. 2014]; [PERES & BERED, 2003]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]; [RIMA, 2014]
	Destinação a todos os elementos retirados	Geração de resíduos	
	Plano de recuperação final de todas as áreas afetadas.	Alteração da paisagem	
	Substituição de turbinas	Negócios locais e emprego oportunidades	

Fonte: o autor, 2018.

Quadro 5 - Aspectos e impactos na energia eólica em mar aberto

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
<b>Levantamento</b>	Perturbação do fundo do mar através amostragem	Perda localizada de substratos, plantas e animais no fundo do mar por meio de amostragens; Geração de empregos.	[AQUARET, 2018]; [CASTRO et al. 2002]; [FAYRAMA, 2007]; [FLOETER, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [KARAMANIS & KEHAYIAS, 2014]; [NEDWELL, LANGWORTHY & HOWELL, 2004]; [RIBEIRO, 2015]; [WILSON, 2007]
	Distúrbios de ruído através do aumento atividade de vaso e sonar / sísmico	Dano potencial para espécies de peixes; Perturbação do comportamento dos mamíferos marinhos.	
	Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	Aumento da turbidez da água; Remoção de plantas e animais; Perturbação de espécies protegidas; Interrupção temporária para outros usuários do mar.	
<b>Fundação e a infraestrutura instalação</b>	Presença física de vasos e equipamentos / estruturas associadas	Perturbação potencial para mamíferos marinhos; Aumento do potencial risco de navegação para outros usuários do mar; Criação de zonas de exclusão para outros usuários incluindo pescadores	[AQUARET, 2018]; [CASTRO et al. 2002]; [FAYRAMA, 2007]; [FLOETER, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [JABBER, 2013]; [McCOMBS, 2014]; [MEDEIROS, 2009]; [NEDWELL, LANGWORTHY & HOWELL, 2004]; [WILSON, 2007]; [WRATTEN, 2005]
	Perturbação ao fundo do mar e geração de ruído através da acumulação	Impacto local localizado no fundo do mar sobre espécies e habitat	
	Perturbação ao fundo do mar e à coluna de água através da instalação das fundações	Alterações hidrológicas e padrões de sedimentação; As instalações podem atuar como recifes artificiais e dispositivos de agregação de peixe; Aumento do potencial de risco de navegação para outros usuários do mar; Interferência nos padrões de migração	
	Perturbação ao fundo do mar e outros usuários do mar através da instalação de cabos submarinos	Suspensão de sedimentos e matéria particulada na coluna de água	
<b>Instalação de turbina</b>	Presença física da superespacial estruturas	Criação de “sombra de vento” a favor das estruturas instaladas; Mudanças na paisagem e no mar, Intrusão visual, Interferência com a navegação recreativa; Colisão entre pássaros e turbinas (tanto migratórias quanto residentes)	[AQUARET, 2018]; [BAT]; [BISHOP & MILLER, 2007]; [DREWITT & LANGSTON, 2006]; [HODOS, 2003]; [LANGSTON & PULLAN, 2003]; [MASDEN et al. 2012]; [PERCIVAL, 2001]; [S.C. KLAIN, 2018]; [WILLIS, 2009]



Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
<b>Extração de vento geração de energia.</b>	Movimento da lâmina de turbina	Interferência com instalações de radar, telecomunicações e televisões.	[BAT]; [BIELLO, 2010]; [GWRC, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [HODOS, 2003]; [LANGSTON & PULLAN, 2003]; [MALHEIROS, NOCKO & GRAUER, 2009]; [MASDEN et al. 2012]; [PERCIVAL, 2001]; [RAADAL et al. 2014]; [S.C. KLAIN, 2018]; [VEJA, 2013]; [WILSON, 2007]
	Ruído gerado por turbinas		
	Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustível fóssil combustão	Redução da poluição atmosférica e gás estufa Redução de efeitos ecológicos resultantes de emissões de gases de efeito estufa e poluição do ar Energia limpa produzida ajudando a atender metas nacionais / internacionais.	
	Transmissão de eletricidade através de cabo submarino	Os campos eletromagnéticos (EMF) podem afetar mamíferos marinhos que passam pela vizinhança da instalação	
<b>Incidente que leva a derrame químico</b>	Poluição química	Mudanças locais / generalizadas na água e sedimentos químicos, A poluição por óleo pode afetar outros usuários do mar exemplo: piscicultores, turistas e marinheiros etc; Espécies e habitat podem ser prejudicados e danificados pela poluição química	[CASTRO et al. 2002]; [FAYRAMA, 2007]; [GWRC, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [NEDWELL, LANGWORTHY & HOWELL, 2018]; [WRATTEN, 2005]
<b>Incidente que leva a derrame de óleo / combustível</b>	Poluição por óleo	Tábuas de petróleo transitórias em águas superficiais e risco de poluição no fundo do mar a longo prazo; Espécies e habitat podem ser prejudicados e danificados pela poluição por óleo; A poluição por óleo pode afetar outros usuários do mar exemplo: piscicultores, turistas e marinheiros etc.	[CASTRO et al. 2002]; [FAYRAMA, 2007]; [GWRC, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [NEDWELL, LANGWORTHY & HOWELL, 2018]
<b>Perda de equipamento / componentes estruturais</b>	Perturbação do fundo do mar do afundamento detritos	Mudanças no perfil do fundo do mar e composição do fundo do mar; Perigo adicional para a navegação, interrupção de pescaria; Interrupção localizada das espécies e dos habitat do fundo do mar	[BISSET, 1987]; [CASTRO et al. 2002]; [FAYRAMA, 2007]; [GWRC, 2017]; [HAMMAR, 2014]; [NEDWELL, LANGWORTHY & HOWELL, 2018]; [THOMSEN et al. 2006]; [WRATTEN, 2005]
	Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	Perturbação dos habitat costeiros através de sufocação e danos às espécies através de ingestão / emaranhamento; Risco de liberação de óleos, combustíveis e outros poluentes; Risco de liberação de substâncias (fluidos hidráulicos).	
<b>Remoção total de instalação</b>	Reversão para condições de linha de base	Perturbação potencial dos ecossistemas estabelecido e adaptado para pós-instalação	[BISHOP & MILLER, 2007]; [FAYRAMA, 2007]; [HAMMAR et al, 2014]; [JABBER, 2013];

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
		condições hidrográficas; Impactos em espécies de peixes serão erradicado; Dispersão de qualquer sedimento acumulado em torno da instalação; Perda de “áreas de sombra de vento” em torno de a instalação; Perda de qualquer efeito calmante em torno da instalação (movimento atual e ação de onda)	[MASDEN et al, 2012]; [McCOMBS, 2014]; [PERCIVAL, 2001]; [THOMSEN et al. 2006]
<b>Substituição de turbinas</b>	Aumento da atividade de vasos	Perturbação potencial para mamíferos marinhos	[CASTRO et al. 2002]; [FINUCCI, 2010]; [HAMMAR et al, 2014]; [KARAMANIS & KEHAYIAS, 2014]; [THOMSEN et al, 2006]
	Negócios locais e emprego oportunidades	Potenciais benefícios econômicos da utilização de recursos locais, empresas de suporte e serviços.	

Fonte: o autor, 2018.

Após a avaliação dos impactos partimos para a avaliação das matrizes eólicas com relação aos seus respectivos impactos. As duas modalidades eólicas apresentam uma grande variância de tipos de impactos ambientais devido à necessidade de alteração na paisagem que o empreendimento eólico em terra necessita. Como no mar não existe a necessidade de abertura de ruas, acessos, obras de drenagem ou grandes obras de infraestrutura para recebimento do parque eólico, a destinação dos materiais a serem montados em mar aberto se fazem através de portos marítimos, estes que em sua maioria já possuem infraestrutura para lidar com o aporte de grandes estruturas. No empreendimento em terra não existe essa facilidade, a maioria dos parques eólicos em terra são instalados em localidades distantes da população com pouco acesso e quase ou nenhuma infraestrutura, isso demanda do empreendimento a construção de estradas, adequação de passagens para as grandes estruturas eólicas, acomodação de grande numero de trabalhadores e preparo do solo para aporte de maquinários e peças. Essa necessidade faz com que os empreendimentos eólicos em terra gerem um numero maior de mecanismos de impactos, gerando maior alteração na paisagem de forma permanente, como por exemplo, a abertura de ruas e acessos.

Na fase de operação dos parques eólicos, ambos apresentam os mesmos impactos, visual, sonoro e impacto com aves. Porem esses impactos se referem a situações completamente diferentes. No empreendimento eólico em terra o impacto visual e sonoro ocorre devido à proximidade da população local, que pode ser perturbada pela presença e funcionamento das torres eólicas, o impacto de aves e morcegos nas pás se refere á aves migratórias, que se reproduzem na localidade ou que vivem próximo aos parques eólicos. No

empreendimento eólico em mar aberto o impacto visual e sonoro afeta o ambiente de forma diferente, o impacto visual pode interferir na navegação local e caso for um parque próximo à costa marítima pode provocar mudança paisagística, no que se refere ao impacto sonoro, este está relacionado a influencia da vibração sonora e da estrutura na água que pode acarretar em consequências negativas na vida marinha, a colisão das aves com as pás eólicas está ligado á migração das mesmas.

#### 4.2 ANÁLISE PELA MATRIZ DE LEOPOLD

Com o reconhecimento dos mecanismos de impactos e a forma como eles agem no ambiente receptor descritos anteriormente, é possível quantificar os impactos de acordo com sua interação com os meios físicos, biológicos e socioeconômicos utilizando as classificações de Magnitude, Importância e Severidade. Para avaliação dos itens foram utilizados as descrições e avaliações dos mesmos encontradas nos artigos científicos, nos estudos de impactos ambientais e através da análise do autor deste trabalho.

Para avaliação do item “Situação” foi classificado como Normal todo aquele impacto já previsto em projeto e esperado que aconteça, por exemplo, ruído causado pelo funcionamento do aerogerador, e de Risco todo aquele impacto que poderá acontecer porem não é previsto que aconteça, por exemplo, o risco de queda das pás nas nacelas.

Para avaliação da “Abrangência” foi classificado como Local todo impacto que ocorre no perímetro de sua origem não se estendendo para demais localidades, por exemplo, colisão de aves com as pás eólicas. Regional todo aquele impacto que se estende para além do local de ocorrência porem em distancias não muito grandes, como por exemplo, o impacto causado pelo ruído do aerogerador ou o impacto visual, e Global para aqueles impactos cujo raio de atuação se estende por grandes regiões podendo afetar diferentes meios, por exemplo, vazamento de óleo no mar.

Para avaliação da “Incidência” classificou-se o impacto como Direto sendo aquele que atua diretamente no meio sem ser resultante de outros meios, como por exemplo, o desmatamento causado pela abertura de novos acessos, e como Indireto todo impacto decorrente de um ou mais meios que não estejam correlacionados diretamente, como por exemplo, impacto socioeconômicos na economia local causada pela presença do empreendimento eólico.

Para avaliação da “Temporalidade” foi classificado como Temporário impactos cuja atuação ocorre em um determinado tempo estabelecido, deixando de ocorrer após sua interrupção, como por exemplo, o ruído de construção causado pela movimentação de barcos no mar, e Permanente aqueles impactos que permanecem no ambiente após a sua interrupção ou impactos que são presentes em toda a vida útil do empreendimento, como por exemplo, impacto visual e sonoro.

Para avaliação da “Reversibilidade” foi classificado os impactos como Reversível todo o impacto com possibilidade de readequação do ambiente a sua forma original em sua quase totalidade, por exemplo, o processo de recuperação paisagística, e Irreversível aqueles impactos cuja recuperação do meio ambiente não seja possível, por exemplo, construção de estradas de acesso.

Através desta ponderação foram atribuídos valores na tabela de análise de Importância e de Significância dos impactos presentes nos Apêndices C, D, E e F para as matrizes eólicas em terra e em mar aberto. Para melhor apreciação dos resultados da avaliação foi construído os Quadros 6 e 7, que apresenta o resumo da avaliação das matrizes eólicas em terra e em mar aberto, respectivamente, com o resultado da avaliação final dos coeficientes de Magnitude, Importância e Significância para cada mecanismo de impacto em ordem decrescente:

Quadro 6 - Análise de impactos na energia eólica em mar aberto

Mecanismo de Impacto	Magnitude	Importância	Significância
Poluição por óleo	171	Moderado	Grande
Poluição química	148	Moderado	Grande
Perturbação do fundo do mar através amostragem	71	Baixo	Grande
Negócios locais e emprego oportunidades	64	Alto	Grande
Presença física da superespacial estruturas	63	Alto	Grande
Perturbação do fundo do mar do afundamento detritos	56	Moderado	Grande
Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	56	Baixo	Grande
Perturbação ao fundo do mar e à coluna de água através da instalação das fundações	49	Moderado	Grande
Presença física de vasos e equipamentos / estruturas associadas	47	Moderado	Grande

<b>Mecanismo de Impacto</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Importância</b>	<b>Significância</b>
Perturbação ao fundo do mar e outros usuários do mar através da instalação de cabos submarinos	45	Moderado	Média
Ruído e Movimento da lâmina de turbina	35	Alto	Média
Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	40	Moderado	Média
Reversão para condições de linha de base	37	Baixo	Média
Maior atividade de vasos para manutenção	26	Moderado	Pequena
Aumento da atividade de vasos	20	Baixo	Pequena
Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustível fóssil combustão	18	Alto	Pequena
Distúrbios de ruído através do aumento atividade de vaso e sonar / sísmico	12	Baixo	Pequena
Perturbação ao fundo do mar e geração de ruído através da acumulação	12	Moderado	Pequena

Fonte: o autor, 2018.

Quadro 7 - Análise de Impactos na Energia Eólica em Terra

<b>Mecanismo de Impacto</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Importância</b>	<b>Significância</b>
Incidente que leva a derrame de óleo / combustível	135	Moderado	Grande
Incidente que leva a derrame químico	132	Moderado	Grande
Abertura ou reabilitação dos principais acessos	130	Alto	Grande
Construção ou readequação de pontes ou bueiros.	102	Moderado	Grande
Obras de drenagem pluvial	95	Alto	Grande
Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	75	Moderado	Grande
Execução das escavações para construção das fundações das torres.	71	Moderado	Grande
Acomodação dos colaboradores no município	63	Moderado	Grande
Construção da rede de energia interna do parque	60	Moderado	Grande
Perda de equipamento / estrutural componentes	55	Baixo	Grande

<b>Mecanismo de Impacto</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Importância</b>	<b>Significância</b>
Moradias provisórias	54	Moderado	Grande
Presença e funcionamento dos aerogeradores	50	Alto	Grande
Presença e funcionamento dos aerogeradores	50	Alto	Grande
Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	49	Alto	Grande
Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	49	Alto	Grande
Preparação da plataforma para montagem e manutenção	45	Baixo	Média
Remoção e transporte dos equipamentos	40	Moderado	Média
Construção da subestação elevadora	40	Moderado	Média
Montagem dos aerogeradores	35	Baixo	Média
Averbação dos terrenos	30	Moderado	Média
Instalação de turbina	30	Baixo	Média
Presença da subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	28	Alto	Pequena
Substituição de turbinas	24	Moderado	Pequena
Transporte das estruturas dos Aerogeradores	20	Moderado	Pequena
Armazenamento temporário do material resultante das escavações	15	Baixo	Pequena
Manutenção de equipamentos	5	Moderado	Pequena

Fonte: o autor, 2018.

Através do exposto nos quadros 6 e 7 podemos identificar os impactos mais agravantes e que necessitam de maior atenção no plano de elaboração do empreendimento.

Pode-se observar que os impactos com maior índice de Magnitude estão ligados aqueles classificados como impacto de “Risco” e possuem abrangência classificada como Regional ou Global, como por exemplo, a poluição química ou por óleo causado por acidente em mar aberto. A classificação de Importância desses impactos como “Moderados” deriva ao fato de serem impactos que não devem ocorrer, decorrente de falhas e ou ocorrências

incomuns, ou seja, impactos com baixa probabilidade e frequência de ocorrência. Porém sua significância é “Grande” devido a Magnitude do impacto no ambiente.

Os impactos com alto grau de significância são aqueles que afetam um maior número de aspectos do ambiente receptor, esses impactos estão fortemente ligados á atividades que modificam o ambiente, como por exemplo, construção dos parques eólicos, a abertura e construção de estradas de acesso.

Os impactos com maior destaque na literatura como o impacto do Ruído, Visual e impactos ligados à presença e funcionamento do parque (colisão com aves e etc.) apresentam um valor quantitativo de Magnitude intermediário, porém bem abaixo dos impactos considerados de alto grau, como por exemplo, perturbação do fundo do mar e obras de infraestrutura. Podemos afirmar com esses dados que possivelmente os estudos de impactos ambientais não estão dando a devida atenção aos impactos realmente agravantes visto que pela revisão de literatura são poucos os estudos científicos que abordam esses impactos, isto provavelmente ocorre, pois visualmente os impactos de ruído, visual e referente ao funcionamento dos parques são facilmente perceptíveis e de fácil mensuração, diferente de impactos gerados pela construção dos parques que não são perceptíveis após o empreendimento concluído, como por exemplo, o rebaixamento do lençol freático causado pela fundação das torres eólicas. Em geral os impactos ligados a presença e funcionamento dos parques possuem valores médios por apresentarem fatores de Temporalidade e Frequência altos, visto que ocorreram por toda a vida útil do empreendimento.

Ao final da análise somando-se os coeficientes de Magnitude dos mecanismos dos impactos teremos um valor final de Magnitude que serve como um valor de apreciação total do impacto de cada modalidade eólica. Através desses dois valores de Magnitude podemos vislumbrar qual matriz eólica apresenta quantitativamente menor valor de impacto.

Para o empreendimento eólico em mar aberto o somatório dos mecanismos de impacto resultou um valor total da Magnitude de 970. Sendo que na classificação de importância, 22% classificados como Alto, 50% como Moderado e 28% como Baixo. Na classificação de Significância 50% foram classificados como Grande, 22% como Média e 28% como Pequena.

Para o empreendimento eólico em terra o somatório dos mecanismos de impacto resultou um valor total da Magnitude de 1477. Sendo que na classificação de importância, 27% foram classificados como Alto, 54% como Moderado e 19% como Baixo. Na classificação de Significância 58% foram classificados como Grande, 23% como Média e 19% como Pequena.

Para melhor apreciação apresentam-se os resultados no Quadro 8:

Quadro 8 – Resultado da avaliação de impactos ambientais

	<b>Mar aberto</b>	<b>Em terra</b>
<b>Magnitude</b>	970	1477
<b>Importância (%)</b>		
Alto	22	50
Moderado	50	22
Baixo	28	28
<b>Significância (%)</b>		
Grande	27	58
Média	54	23
Pequena	19	19

Comparando os resultados obtidos, percebe-se uma variância de 66% entre os valores encontrados na avaliação de Magnitude. Essa diferença do valor de Magnitude ocorre devido a dois fatores, o número de mecanismos de impactos identificados, um total de 26 para eólica em terra e 18 para eólica em mar aberto, e a alteração ambiental decorrente a obras de infraestrutura dos empreendimentos eólicos em terra, que apresentam alterações permanentes e irreversíveis, como por exemplo, a construção de estradas, diferentemente dos empreendimentos eólicos em mar aberto que possuem maior complexidade de construção, não necessitam realizar muitas modificações no ambiente.

A mesma analogia se aplica para avaliação de Significância e Importância, onde a matriz eólica em terra apresentou percentuais de impactos de Significância “Grande” e Importância “Alto”, enquanto a matriz eólica em mar aberto apresentou valores percentuais elevados para os índices de Significância “Moderado” e Importância “Média”, isso decorre ao fato de que os impactos gerados pelos empreendimentos eólicos em mar aberto são em sua maioria impactos temporários que deixam de atuar na conclusão das atividades que os desencadearam ou são impactos reversíveis.

Sendo assim podemos afirmar que o empreendimento eólico em mar aberto apresenta menor índice de impacto ao ambiente receptor do que o empreendimento em terra com uma margem de 66,7% na avaliação, confirmando a hipótese da dissertação de que a matriz eólica em mar aberto é menos impactante que a matriz eólica em terra. Vale resaltar que a avaliação desse trabalho é uma avaliação teórica e que uma avaliação utilizando empreendimento reais



pode apresentar diferentes resultados devido as suas particularidades e que muitos impactos apontados na revisão do trabalho necessitam de maiores pesquisas para classificação e avaliação.

## 5 CONCLUSÃO

No que concerne à pesquisa do trabalho, o reconhecimento das fases de operação dos empreendimentos eólicos e a identificação dos impactos e de sua etapa de ocorrência, causas e consequência possibilitada pela revisão de literatura possibilitou observar que os impactos ambientais decorrentes de empreendimentos eólicos não apresentam grande repercussão no ambiente, limitando-se a impactos locais de maneira não acumulativa em sua maioria, passíveis de ações de controle. A avaliação quantitativa dos coeficientes de Magnitude, Importância e Significância, evidenciou uma diferença de 66,7% entre os coeficientes de Magnitude e que os coeficientes de Importância e Significância apresentaram classificações percentuais mais elevadas para empreendimentos em terra. Essa diferença nos coeficientes das duas modalidades eólicas ocorre pelo fato de que parques eólicos em terra causam maiores modificações no ambiente onde são instalados, resultante das obras de infraestrutura, e seus impactos são permanentes e irreversíveis. Em contra partida os empreendimentos em mar aberto não apresentam grandes modificações ambientais, visto que sua concepção é realizada na água, sem a necessidade de obras de infraestrutura para o tráfego de maquinários, e seus impactos são na maioria temporários e/ou reversíveis. Com os dados obtidos a hipótese do trabalho que questionava se os empreendimentos eólicos em mar aberto são realmente menos impactantes ao ambiente que os empreendimentos em terra se faz verdadeira. Podemos reconhecer com isso que apesar da complexidade e o alto custo de construção de empreendimentos eólicos em mar aberto, eles se tornam mais viáveis que os empreendimentos eólicos em terra, devido ao fato de gerarem mais energia, possuírem maior retorno financeiro e impactarem menos o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA – Associação Brasileira De Energia Eólica. Energia Eólica. In: ELAEE – Latin American Energy Economics Meeting, 6., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Elaee, 2017.
- ACHON, C. L.; SOARES, L. V.; MEGDA, C. R. Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Saneamento ambiental brasileiro: utopia ou realidade?** Rio de Janeiro: ABES, 2005. p.1-9.
- ALMEIDA, J. R. de; BASTOS, A. C. S. **Métodos para análise e gestão ambiental: III** avaliação de impactos ambientais. Rio de Janeiro: Thex, 1994.
- AQUARET. **Welcome to the Aqua-RET E-learning Tool**. 2018. Disponível em: <http://www.aquaret.com/index-2.html>. Acesso em: 03 jan. 2018.
- ANEEL – Agência Nacional De Energia Elétrica. **Resolução Normativa no 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, v. 149, n. 76, p. 53, 2012. Seção 1.
- BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. de. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. Itajubá, MG: Agrener, 2013.
- BARBOSA, A. C. L. **Avaliação Ambiental do uso da energia eólica para usuários de pequeno porte**. 2008. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- BARBOSA, R. P. **Avaliação de risco e impacto ambiental**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. (Série Eixos).
- BAT conservation trust. [2018]. Disponível em: <http://www.bats.org.uk/>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- BARTHELMIE, R. J. et al. **Wind Turbine Wakes in Large Offshore Wind Farms**. Wind Energ. Wiley Interscience. 2009; 12:431–444.
- BEHELLI, C. B. Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico – PR. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: [s. n.], 2010.
- BIELLO, D. **How wind turbines affect your (very) local weather**. Disponível em: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-wind-turbinesaffect-temperature>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BISHOP, I.; MILLER, D. 'Visual assessment of offshore wind turbines: the influence of distance, contrast, movement and social variables'. **Renewable Energy**, v. 32, p. 814-831. 2007.

BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycoly International, 1987. p. 3-64.

BNDES – Banco Nacional De Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES define condições de apoio a vencedores de leilão de energia solar e cria metodologia para fomentar conteúdo nacional**. BNDES Notícias, 24 jun. 2014a. Disponível em: <<https://goo.gl/rV3u1P>>.

BRASIL. **Decreto no 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/MPkIZY>>.

BRASIL. **Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016**. Complementação de regulamentação da comercialização de energia elétrica. Brasília: Congresso Nacional, 2016. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13360.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13360.htm)>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energias. Energia no Mundo 2015 – 2016. **Balanço Energético Nacional 2017 (ano base 2016)**. Brasil. 2017.

BRASIL. **Balanço Energético Nacional (BEM)**. 2016a. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **A energia eólica no Brasil e no mundo, 2016b**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2)>. Acesso em: 9 fev. 2018.

CANTER, L. **Environmental Impact Assessment**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

CARVALHO, D. L.; LIMA, A.V. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 15., 2010, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2010.

CASTRO, J. J et al. A general theory on fish aggregation to floating objects: An alternative to the meeting point hypothesis. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 11, p. 255-277. 2002.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia eólica princípios e tecnologia**. 2. ed. [Rio de Janeiro: CEPEL], 2008.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **História da energia eólica e suas utilizações**. 2. ed. Rio de Janeiro: [CRESESB]; Rio de Janeiro: [CEPEL], 2018.

CHAGAS, L. D. A.; LUCAS, T. B. Ponderações sobre a energia eólica e sua aplicação. **Revista Eletrônica**, Colégio Mãe de Deus, Porto Alegre, v. 2, set. 2011.

CHEN, S. **Are wind farms changing the weather in China**. South China Morning Post, 2010.

CONAMA – Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549. Acesso em fev de 2019. Disponível em: <[http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf)>.

COSTA, M. V.; CHAVES, P. S. V.; OLIVEIRA, F. C. Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 28., 2005, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: INTERCON, 2005.

DAILY, S. **Wind farms impacting weather**. 2005. Disponível em: <http://www.sciencedaily.com/videos/2005/1012-wind-farms-impacting-weather.htm>. Acesso em: 12 maio 2018.

DREWITT, A. L.; LANGSTON, R. H. W. Assessing the impacts of wind farms on birds. **Ibis**, [S. l.], v. 148, p. 29-42, mar.2006.

DÜRR, T. Dunkler Anstrich könnte Kollisionen verhindern: Vogelunfälle an Windradmasten. **Der Falke**, [S.l.], v. 58, n. 12, p. 499-501, 2011.

EDGE, G.; BLANCHARD, L. **‘Delivering offshore wind power in Europe’, European Wind Energy Association (EWEA)**. 2007. Disponível em: [www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/images/publications/offshore\\_report/ewea-offshore\\_report.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/images/publications/offshore_report/ewea-offshore_report.pdf). Acesso em: 12 jun. 2018.

ENVIRONMENT australia. Strategic Assessment of Offshore Petroleum Exploration and Appraisal Activities, Department of Industry and Resources. Australia, 2005.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic Press. 1994.

FAYRAMA, A. H.; Risi, A. de. **The potential compatibility of offshore wind power and fisheries: an example using bluefin tuna in the Adriatic Sea**. Ocean Coastal Manage, v. 50, p. 597-605, 2007.

FERREIRA, W. C. **Política de conteúdo local e energia eólica: a experiência brasileira**. 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos**. 2010. 230f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2010.

FLOETER, J. et al. Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea. **Progress in Oceanography**, v. 156, p. 154-173, 2017.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004

GARTMAN, V. et al. Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part 1: Planning and Siting, Construction. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 18, n. 3, (September 2016) 1650013 (45 pages). DOI: 10.1142/S1464333216500137

GILL, A. B. Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity in the coastal zone. **Journal of Applied Ecology**, Shenyang Shi, v. 42, p. 605-615, 2005.

GLASSON, J.; THÉRIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 4. ed. London; New York: Routledge, 2012.

GWRC. GLOBAL WIND REPORT COUNCIL. **Global Wind Report: annual market update 2016**. 2016. Disponível em: <http://files.gwec.net/files/GWR2016.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma Gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (Parques Eólicos) no Nordeste do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v.15, n.1, p. 101-115, jan./mar. 2016.

GREENPEACE. **Em offshore Wind Energy: implementing a new powerhouse for Europe**. 2005. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet2/report/2006/3/em-offshore-wind-implementing-a.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

HAMMAR, L. et al. Assessing ecological risks of offshore wind power on Kattegat cod. **Renewable Energy**, v. 66, p. 414-424, 2014.

HODGE, D. R.; GILLESPIE, D. F. Phrase completion: an alternative to Likert scales. **Social Work Research**, v. 27, n. 1, p. 45-55, 2003.

HODOS, W. Minimization of motion smear: Reducing avian collisions with wind turbines: Period of Performance: July 12, 1999 to August 31, 2002. Report NREL/SR- 500-33249, **National Renewable Energy Laboratory**, Washington, DC. 2003.

HOOPER, Tara. **The implications of energy systems for ecosystem services: A detailed case study of offshore wind**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 70, 2017, Pages 230-241, ISSN 1364-0321.

IAIA—International Association for Impact Assessment. **O que é a Avaliação de Impacto?** 2009. Disponível em: <[http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/What is IA\\_pt.pdf](http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/What%20is%20IA_pt.pdf)>.

IEA WIND. IEA WIND: 2014 Annual Report. [s.l.]: IEA Wind, 2015. Disponível em: [https://www.ieawind.org/annual\\_reports\\_PDF/2014/2014\\_AR\\_smallfile.pdf](https://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2014/2014_AR_smallfile.pdf). Acesso em: 6 dez. 2015

- INGER, R. et al. Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, p. 1145-1153, 2009.
- JABER, S. Environmental Impact Wind Energy. **Journal of Clean Energy Technologies**, v. 1, n. 3, July, 2013.
- JOSIMOVIC, B. The Use of the Leopold Matrix in Carrying Out the EIA for Wind Farms in Serbia. **Energy and Environment Research**, Boca Raton, v. 4, n. 1; p. 43-54, 2014.
- KEITH, D. W. et al. The influence of large-scale wind power on global climate. **Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America**, v. 101, n. 46, p. 16115, 2004.
- KLAIN, S. C. et al. Bird Killer, Industrial Intruder or Clean Energy? Perceiving Risks to Ecosystem Services Due to an Offshore Wind Farm. **Ecological Economics**, v. 143, p. 111-129, 2018.
- KÖLLER, J.; KÖPPEL, J.; PETERS, W. **Offshore Wind Energy Research on Environmental Impacts Berlin**. Germany: Springer. 2006.
- LANGSTON, R. H. W.; PULLAN, J. D. **Windfarms and birds: an analysis of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues**; Technical Report to the International to the Council of Europe (Bern Convention); Royal Society for Protection of Birds (RSPB)/Birdlife: Strasbourg, France, 2003.
- LOSEKANN, Luciano. **Novas Energias Renováveis No Brasil: Desafios E Oportunidades**. Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense (UFF), pag. 635 – 655. 2017.
- Liu K.Z., Zhang J.F. & Yan X.P. 2010. **Study of the Effect of Offshore Wind Farm on Marine Radar**. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 34(3): 561-564.
- MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. F.; GRAUER, A. **Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utili-zando o modelo ISCST3 (Industrial SourceComplex) para a usina termoelétrica de Agudos do Sul (município de agudos do sul/pr)**. Relatório KCC – geração de energia elétrica Ltda. Curitiba, 2009.
- MARIANO, Jacqueline Barbosa. **Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore**. 2007. Tese (Doutorado em ciências em planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MASDEN, E. A. et al. Assessing the impact of marine wind farms on birds through movement modelling. **Journal of the Royal Society Interface**, London, v. 9, n. 74, p. 2120-2130, sep. 2012.
- MASLOV, Nicolas. **A modelling approach for a cost-based evaluation of the energy produced by a marine energy farm**. International Journal of Marine Energy, Volume 9, 2015, Pages 1-19, ISSN 2214-1669.

MAVROULIDOU, M.; HUGHES, S. J.; HELLAWELL, E. E. Developing the interaction matrix technique as a tool assessing the impact of traffic on air quality. **Journal of Environmental Management**, n. 84, p. 513-522, 2007.

McCOMBS, M. P. et al. Offshore wind farm impacts on surface waves and circulation in Eastern Lake Ontario. **Coastal Engineering**, Coastal Engineering in Japan, v. 93, p. 32-39, 2014.

MEDEIROS, S. S. et al. **Energia eólica**: um estudo sobre a percepção ambiental no município de Currais Novos/RN. *Holos*, v. 3, 2009.

MENDES, L.; COSTA, M.; PEDREIRA, M. J. **A energia eólica e o ambiente**: guia de orientação para a avaliação ambiental. Alfragide: Instituto do Ambiente, 2002. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11812951-A-energia-eolica-e-o-ambiente-guia-de-orientacao-para-a-avaliacao-ambiental.html>. Acesso em: 25 mar. 2017.

MEYER, M. F. et al. Energia Eólica e seus impactos ambientais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE. 4., Bento Gonçalves-RS. **Anais [...]**. Bento Gonçalves-RS: [s.n.], 2014.

MORGAN, R. K. **Environmental impact assessment: the state of the art**. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 30, n. 1, p. 5–14, mar. 2012.

MORRIS, P.; THERIVEL, R. **Methods of Environmental Impact Assessment**: the natural and built environ-mental series 2. Londres: UCL Press Limited, 1995.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Engenharia sanitaria e ambiental. Vitória-ES. **Anais [...]**. Vitória, ES: [s. n.], 2002.

MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M.V.A. Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados. **Revista Geonorte**, Manaus, v.9, n.1, p. 22-41, 2013.

MUNN, R. E. **Lecture 10**: What is environmental assessment? Connecticut, Conservation of Natural Resour-ces, 1979.

NEDWELL, J. R.; LANGWORTHY, J.; HOWELL, D. **Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife**: initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. Subacoustech Report Reference: 544R0424. COWRIE, 2004. Disponível em: <http://www.subacoustech.com/information/publications.shtml>. Acesso em: 21 maio 2018.

NUNES, G. A.; MANHÃES, A. A. Energia eólica no Brasil: uma alternativa inteligente frente às demandas elétricas atuais. **Bolsista de Valor**: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, Rio de Janeiro, v. 1, p. 163-167, 2010.

OLIVEIRA, F. C.; MOURA, H. J. T. de. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Pretexto**, v. 10, n. 4, p. 79-98. 2009.



OLIVEIRA, R. F.; SANTOS, J.O. A problemática da implantação de parques eólicos em ambientes litorâneos: o caso do município de Trairi, Ceará, Brasil. In: LASICS - gestão de eventos científicos. Colóquio Ibérico de Geografia, 14., [S. l.]. **Anais...** [S. l. : s. n.], 2014.

ORTIZ, G. P.; KAMPEL, M. **Potencial de energia eólica em mar aberto na margem do Brasil**. Oceanografia e Políticas Públicas. Rio Grande do Norte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.

PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P. Parques eólicos e transformações espaciais: uma análise dos impactos socioambientais na região de Sento Sé/BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 5 1243-1258, 2012.

PERCIVAL, S. M. **Assessment of the effects of offshore wind farms on birds**: Technical Report for Department of Trade and Industry (DTI) Sustainable Energy Programmes; East Tennessee State University (ETSU): Didcot, UK, 2001.

PERES, M. B.; BERED, A. R. **Critérios e procedimentos para o licenciamento de parques eólicos: considerações sobre os potenciais impactos ecológicos na planície costeira no Rio Grande do Sul, Brasil**. In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA. 2., Recife. **Anais [...]**. Recife: [s. n.], 2003.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, dez. 2017.

POTRICH, A. L.; TEIXEIRA, C. E.; FINOTTI, A. R. Avaliação de impactos ambientais como ferramenta de gestão ambiental aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria automotiva. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, n. 3, v. 3, p. 168-175, out./dez. 2007.

RAADAL, H. L. et al. GHG emissions and energy performance of offshore wind power. **Renewable Energy**, v. 66, p. 314-324, 2014.

RAMPINELLI, G. A.; ROSA JUNIOR, C. G. Análise da geração eólica na matriz brasileira de energia Elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Centro Oeste, PR, v. 14, n. 2, jul./dez. 2012.

RANIERI, S. B. L. et al. Aplicação de índice compara-tivo na avaliação do risco de degradação das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 751-760, 1998.

RELATÓRIO de Impacto Ambiental – Rima - Complexo Eólico Harmonia – 2014.

RELATÓRIO de Impacto Ambiental – RIMA – Parques Eólicos Rosa dos Ventos I e II – 2014.

RELATÓRIO de Impacto Ambiental Complexo Eólico Serra Azul - 2015.

REMOA. v. 13, n. 5, p.3821-3830, dez. 2014.

RIBEIRO, C. M. S. **Construção de parques eólicos marítimos: processos e direção de obra.** 2015. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2015.

RICHERI, S. M. M. **Estudo do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais.** 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em engenharia de processos químicos e bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul, 2006.

SANCHES, R. A. **Avaliação de impacto ambiental e as normas de gestão ambiental da série ISO 14000: características técnicas e subsídios á integração.** 2011. 270f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SANCHEZ, I. **Recursive Estimation of Dynamic Models Using Cook's Distance, With Application to Wind Energy Forecast.** *Technometrics*, vol. 48, no. 1, pp. 61-73, 2006.

SÁNCHEZ, I. **Short-term prediction of wind energy production.** *International Journal of Forecasting*, Volume 22, Issue 1, pp. 43-56, Jan.-Mar. 2006.

SÁNCHEZ, L. E.; CROAL, P. **Environmental impact assessment, from Rio-92 to Rio+20 and beyond.** *Ambiente & Sociedade*, v. 5, n. 3, p. 41-54, 2012.

SÁNCHEZ, LE. **Tiering strategic environmental assessment and project environmental impact assessment in highway planning in São Paulo, Brazil.** *Environmental Impact Assessment Review*, 28 (7), 515–522. 2008.

SDC. **Wind power in the UK. A guide to the key issues surrounding onshore wind power development in the UK.** London, UK: Sustainable Development Commission, 2005.

SILVA, M. D. da. **Tipificação de fundações de torres eólicas em parques industriais, para diferentes tipos de solo.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27n. n. 77, p. 99-116, [jan.]. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 22 jun. 2018.

SIMMONDS, M.; BROWN, V. C. Is there a conflict between cetacean conservation and marine renewable-energy developments? **Wildlife Research**, v. 37, n. 8, p. 688-694, jan. 2010.

SOUSA, R. N. A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 580-587, 2011.

SOVERNIGO, M. H. **Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropteroфаuna no Brasil.** 2009. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

KARAMANIS, D.; KEHAYIAS, G. Offshore wind farms development in relation to environmental protected áreas. **Sustainable Cities and Society** , v. 14, p. 305-312, 2014.

STAMM, H. R. **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte**: estudo de caso de uma usina termelétrica. 2003. 284f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.

STAUT, F. **O processo de implantação de parques eólicos no nordeste brasileiro**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2011.

SUREHMA, G.T. Z. **Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA)**. Secretaria Especial do Meio Ambiente, Curitiba: 1992.

TARA HOOPER, NICOLA BEAUMONT, CAROLINE HATTAM - The implications of energy systems for ecosystem services: A detailed case study of offshore wind. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 230-241, 2017.

THOMSEN, F. et al. **Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, biola**. Hamburg: Germany on behalf of COWRIE Ltd. 2006.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática. 1994.

VEGA, D. et al. **Mitigation Techniques to Reduce the Impact of Wind Turbines on Radar Services**. *Energies*, v. 6, p. 2859-2873, 2013. doi:10.3390/en6062859

WILLIS, C.K.R. et al. **Bats are not birds and other problems with Sovacool's (2009) analysis of animal fatalities due to electricity generation**. *Energy Policy*, in press. 2009.

WILSON, J. C. **Offshore wind farms**: their impacts and potential habitat gains as artificial reefs, in particular for fish. M.Sc. Dissertation, University of Hull & The Institute of Estuarine and Coastal Studies, September 2007.

WONG, Bob B. M. **Behavioral Responses To Changing Environments Behavioral Ecology**. Volume 26, Issue 3, May-June 2015, Pages 665–673.

WRATTEN, A. et al. **The Seascape and Visual Impact Assessment Guidance for Offshore Wind Farm Developers**. Enviro Consulting and Department of Trade and Industry, 2005.

**APÊNDICE A - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM  
MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR</b>						
<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com meio físico</b>	<b>Interações com o meio biológico</b>	<b>Interações de conservação</b>	<b>Interações com o meio socioeconômico</b>
Trabalhos preparatórios	Levantamento	Perturbação do fundo do mar através amostragem	Podem resultar impactos menores de pesquisas ambientais de base. Por exemplo, perda localizada de substratos, plantas e animais no fundo do mar por meio de amostragens.			Empreiteiros locais e especialistas científicos podem ser empregados para conduzir e apoiar levantamentos de linha de base, vaso operadores, consultores, mergulhadores, etc.
		Distúrbios de ruído através do aumento atividade de vaso e sonar / sísmico	Nenhuma das principais interações antecipadas	Dano potencial para espécies de peixes	Perturbação do comportamento dos mamíferos marinhos	Nenhuma das principais interações antecipadas
		Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	Áreas podem ser dragadas afetando a morfologia do fundo do mar e aumentando a turbidez da água	Plantas e animais podem ser removidos e diretamente impactados por qualquer dragagem antes da construção	Espécies de peixes migratórios protegidos e espécies de aves predadoras protegidas podem ser afetadas.	Interrupção temporária para outros usuários do mar e navegação resultante de embarcações, atividade e obras marítimas.
Construção e Instalação	Fundação e a infraestrutura instalação	Presença física de vasos e equipamentos / estruturas associadas	Nenhuma das principais interações antecipadas		Perturbação potencial para mamíferos marinhos	Aumento do potencial risco de navegação para outros usuários do mar
						Criação de zonas de exclusão para outros usuários incluindo pescadores

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com meio físico</b>	<b>Interações com o meio biológico</b>	<b>Interações de conservação</b>	<b>Interações com o meio socioeconômico</b>
		Perturbação ao fundo do mar e geração de ruído através da acumulação	Impacto localizado na morfologia - As estacas serão estabelecidas no solo oceânico. Estes podem ser posteriormente gerar distribuídos em uma área mais ampla.	Impacto local localizado no fundo do mar sobre espécies e habitat	O ruído subaquático pode afetar espécies de mamíferos sobre significativa distância.	Navios e superestruturas não familiares associadas à fabricação no local e a instalação será visível dentro do local por longos períodos de tempo
		Perturbação ao fundo do mar e à coluna de água através da instalação das fundações	Alterações hidrológicas e padrões de sedimentação	As instalações podem atuar como recifes artificiais e dispositivos de agregação de peixe	Perturbação potencial para mamíferos marinhos	Aumento do potencial de risco de navegação para outros usuários do mar
			Alteração da altura das ondas, Mudanças no comportamento da corrente da maré e caráter a jusante da instalação	Interferência nos padrões de migração		
		Perturbação ao fundo do mar e outros usuários do mar através da instalação de cabos submarinos	Suspensão de sedimentos e matéria particulada na coluna de água	Impacto local localizado no fundo do mar espécies e habitat	Perturbação potencial para mamíferos marinhos	Aumento do potencial risco de navegação para outros usuários do mar, Criação de zonas de exclusão para outros usuários incluindo pescadores

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com meio físico</b>	<b>Interações com o meio biológico</b>	<b>Interações de conservação</b>	<b>Interações com o meio socioeconômico</b>
	Instalação de turbina	Presença física da superespacial estruturas	Criação de “sombra de vento” a favor das estruturas instaladas	Colisão entre pássaros e turbinas (tanto migratórias quanto residentes)	As espécies de aves protegidas podem ser afetadas	Mudanças na paisagem e no mar, Intrusão visual, Interferência com a navegação recreativa Acesso, Aumento do potencial risco de navegação para outros usuários do mar, Criação de zonas de exclusão para outros usuários incluindo pescadores
Comissionamento, operação e gestão.	Extração de vento geração de energia.	Movimento da lâmina de turbina	Nenhuma das principais interações antecipadas	Risco de colisão com aves	As espécies de aves protegidas podem ser afetadas	Interferência com instalações de radar, telecomunicações e televisões.
		Ruído gerado por turbinas		Evitação localizada por alguns peixes espécies podem ser observadas	Perturbação potencial para mamíferos marinhos em distâncias significativas – localizadas evasão pode ser observada	Nenhuma das principais interações antecipadas (dependente na distância da costa)
		Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustível fóssil combustão	Redução da poluição atmosférica e gás estufa	Redução de efeitos ecológicos resultantes de emissões de gases de efeito estufa e poluição do ar	Energia limpa produzida ajudando a atender metas nacionais / internacionais	

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com meio físico</b>	<b>Interações com o meio biológico</b>	<b>Interações de conservação</b>	<b>Interações com o meio socioeconômico</b>	
		Transmissão de eletricidade através de cabo submarino	Nenhuma das principais interações antecipadas	Interferência elétrica e magnética com movimentos de espécies de peixes	Os campos eletromagnéticos (EMF) podem afetar mamíferos marinhos que passam pela vizinhança da instalação	Interferência eletromagnética e calores resultantes da operação das linhas de transmissão de eletricidade	
		Maior atividade de vasos para manutenção	Nenhuma das principais interações antecipadas		Perturbação potencial para mamíferos marinhos	Atividade regular de navios dentro do paisagem local marinha	
		Negócios locais e emprego oportunidades	Nenhuma das principais interações antecipadas			Potenciais oportunidades de emprego para residentes locais e benefícios para a economia local	
Eventos acidentais	Incidente que leva a derrame químico	Poluição química	Mudanças locais / generalizadas na água e sedimentos químicos	Espécies e habitat podem ser prejudicados e danificados pela poluição química		A poluição química pode afetar outros usuários, por exemplo; Peixeiros, turistas e marinheiros etc.	
	Incidente que leva a derrame de óleo / combustível	Poluição por óleo	Tábuas de petróleo transitórias em águas superficiais e risco de poluição no fundo do mar a longo prazo	Espécies e habitat podem ser prejudicados e danificados pela poluição por óleo		A poluição por óleo pode afetar outros usuários do mar exemplo; piscicultores, turistas e marinheiros etc.	
	Perda de equipamento / componentes estruturais	Perturbação do fundo do mar do afundamento detritos		Mudanças no perfil do fundo do mar e composição do fundo do mar	Interrupção localizada das espécies e dos habitat do fundo do mar		Perigo adicional para a navegação, interrupção de pescaria
		Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes		Nenhuma das principais interações antecipadas	Perturbação dos habitat costeiros através de sufocação e danos às espécies através de ingestão / emaranhamento		Risco de liberação de óleos, combustíveis e outros poluentes; Risco de liberação de substâncias (fluidos hidráulicos)

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com meio físico</b>	<b>Interações com o meio biológico</b>	<b>Interações de conservação</b>	<b>Interações com o meio socioeconômico</b>
Desativação	Remoção total de instalação	Reversão para condições de linha de base	Dispersão de qualquer sedimento acumulado em torno da instalação	Perturbação potencial dos ecossistemas estabelecido e adaptado para pós-instalação condições hidrográficas Impactos em espécies de peixes serão erradicado	Espécies protegidas forrageando e migrando dentro da coluna de água pode ser interrompido. Impactos da geração de ruído em mamíferos marinhos serão erradicados. As espécies de aves protegidas já não são afetadas pela presença de peças de turbina em movimento	Remoção de riscos de navegação
			Perda de “áreas de sombra de vento” em torno de a instalação			
			Perda de qualquer efeito calmante em torno da instalação (movimento atual e ação de onda)			
	Substituição de turbinas	Aumento da atividade de vasos	Nenhuma das principais interações antecipadas	Perturbação potencial para mamíferos marinhos	Nenhuma das principais interações antecipadas	
Negócios locais e emprego oportunidades		Nenhuma das principais interações antecipadas			Potenciais benefícios econômicos da utilização de recursos locais, empresas de suporte e serviços.	



**APÊNDICE B - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM  
TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR</b>						
<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com o físico meio Ambiente</b>	<b>Interações com o biológico meio Ambiente</b>	<b>Interações com conservação</b>	<b>Interações com o socioeconômico meio Ambiente</b>
Trabalhos preparatórios	Locação de trabalhadores	Acomodação dos colaboradores no município	Nenhuma das principais interações antecipadas			Aumento do tráfego, Acréscimo na demanda por serviços mão de obra e geração de empregos.
		Moradias provisórias				Geração de resíduos e esgoto sanitário e industrial, Aumento do consumo de água e energia elétrica.
	Infra-estrutura inicial para obras	Abertura ou reabilitação dos principais acessos	Geração de poeira e ruídos	Interferência sobre a flora, Interferência sobre a fauna	Possível interferência em sítios arqueológicos.	Abertura de estradas ou melhoria em trechos da malha viária existente, Redução das áreas destinadas às atividades agropecuárias
		Obras de drenagem pluvial	Alteração da qualidade da água superficial, Geração de poeira e ruídos, Erosão do solo	Nenhuma das principais interações antecipadas		
		Construção ou readequação de pontes ou bueiros.	Geração de resíduos de construção	Nenhuma das principais interações antecipadas		Alteração de tráfego local.
	Construção e Instalação	Fundação	Execução das escavações para construção das fundações das torres.			Geração de poeira e ruídos.
Preparação da plataforma para montagem e manutenção			Interferência sobre a flora, Geração de poeira e ruídos, Erosão do solo	Nenhuma das principais interações antecipadas	Possível interferência em sítios arqueológicos	Redução das áreas destinadas às atividades agropecuárias

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com o físico meio Ambiente</b>	<b>Interações com o biológico meio Ambiente</b>	<b>Interações com conservação</b>	<b>Interações com o socioeconômico meio Ambiente</b>
		Armazenamento temporário do material resultante das escavações	Erosão do solo	Nenhuma das principais interações antecipadas		Redução das áreas destinadas às atividades agropecuárias.
	Transporte	Transporte das estruturas dos Aerogeradores	Contaminação do solo por óleos e combustíveis. Geração de poeira e ruídos			Alteração do tráfego.
	Montagem	Montagem dos aerogeradores	Geração de ruídos, Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de resíduos.			Nenhuma das principais interações antecipadas
	Construção de subestações de energia e infraestrutura	Construção da rede de energia interna do parque	Geração de resíduos da construção, Geração de poeira e resíduos, Contaminação do solo por óleos e combustíveis	Interferência sobre a fauna	Possível interferência em sítios arqueológicos	Redução das áreas destinadas às atividades agropecuárias,
		Construção da subestação elevadora	Geração de efluentes sanitários, Geração de resíduos sólidos e líquidos	Nenhuma das principais interações antecipadas		Aumento do consumo de água e energia elétrica.
	Recuperação da área	Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	Nenhuma das principais interações antecipadas			Geração de empregos, Aumento de consumo de água e energia elétrica
	Instalação da turbina	Instalação de turbina				Presença física da superespecial estruturas
Comissionamento, operação e gestão	Comissionamento	Averbação dos terrenos				Geração de renda aos proprietários das terras

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com o físico meio Ambiente</b>	<b>Interações com o biológico meio Ambiente</b>	<b>Interações com conservação</b>	<b>Interações com o socioeconômico meio Ambiente</b>	
	Sub estações de energia	Presença da subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	Geração de resíduos sólidos e líquidos (efluentes sanitários)	Nenhuma das principais interações antecipadas		Alteração da paisagem, Aumento do tráfego de veículos, Geração e manutenção de empregos diretos e indiretos.	
		Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	Nenhuma das principais interações antecipadas	Elemento atrativo à avifauna	Nenhuma das principais interações antecipadas	Alteração da paisagem	
	Operação	Presença e funcionamento dos aerogeradores	Geração de ruídos	Colisão de aves e quirópteros com os aerogeradores		Dinamização das atividades econômicas, Geração de energia limpa de fonte renovável, Diversificação da matriz energética nacional com incrementos da produção de energia alternativa, Incentivo ao turismo local, Alteração da paisagem.	
		Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	Nenhuma das principais interações antecipadas	Atropelamento de animais.		Melhoria da malha viária municipal	
		Manutenção de equipamentos	Geração de resíduos, Contaminação do solo por óleos, graxas e combustíveis.	Nenhuma das principais interações antecipadas		Geração de empregos	
	Eventos acidentais	Riscos ocasionais não previstos	Incidente que leva a derrame químico	Poluição química			Nenhuma das principais interações antecipadas
			Incidente que leva a derrame de óleo / combustível	Poluição por óleo			
Perda de equipamento / estrutural componentes		Geração de detritos	Possível perda de biota de entorno	Nenhuma das principais interações antecipadas			

**POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR**

<b>Fase de desenvolvimento</b>	<b>Atividade</b>	<b>Mecanismo de impacto</b>	<b>Interações com o físico meio Ambiente</b>	<b>Interações com o biológico meio Ambiente</b>	<b>Interações com conservação</b>	<b>Interações com o socioeconômico meio Ambiente</b>
Desativação	Desativação do empreendimento, remoção de maquinário	Remoção e transporte dos equipamentos	Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de poeira e ruídos	Nenhuma das principais interações antecipadas		Alteração da paisagem, Aumento do tráfego local
		Destinação a todos os elementos retirados	Geração de resíduos			Disponibilização de matéria prima através da reciclagem.
		Plano de recuperação final de todas as áreas afetadas.	Redução dos processos erosivos	Atração de espécies da fauna terrestre e avifauna.	Nenhuma das principais interações antecipadas	Alteração da paisagem
		Substituição de turbinas	Aumento da atividade de vasos	Nenhuma das principais interações antecipadas		Negócios locais e emprego oportunidades

## APÊNDICE C - ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA DO IMPACTO EM MAR ABERTO

Mecanismo de impacto	Situação		Abrangência			Incidência		Temporalidade		Reversibilidade		Severidade	Frequência	Probabilidade	Importância	
	N	R	L	R	G	D	I	T	P	R	I					
Perturbação do fundo do mar através amostragem	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Distúrbios de ruído através do aumento atividade de vaso e sonar / sísmico	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Presença física de vasos e equipamentos / estruturas associadas	1		1			1		1		1		5	3	3	14	Moderado
Perturbação ao fundo do mar e geração de ruído através da acumulação	1		1			1		1		1		5	3	3	14	Moderado
Perturbação ao fundo do mar e à coluna de água através da instalação das fundações	1		1			1			2		2	7	3	3	16	Moderado
Perturbação ao fundo do mar e outros usuários do mar através da instalação de cabos submarinos	1		1			1			2		2	7	3	3	16	Moderado
Presença física da superespacial estruturas	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Movimento da lâmina de turbina	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Ruído gerado por turbinas	1				3	1			2		2	9	3	3	18	Alto
Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustível fóssil combustão	1		1			1			2		2	7	3	3	16	Moderado
Transmissão de eletricidade através de cabo submarino	1			2			2		2		2	9	3	3	18	Alto

Mecanismo de impacto	Situação		Abrangência			Incidência		Temporalidade		Reversibilidade		Severidade	Frequência	Probabilidade	Importância	
	N	R	L	R	G	D	I	T	P	R	I					
Maior atividade de vasos para manutenção		2		2			2	1			2	9	1	1	10	Moderado
Negócios locais e emprego oportunidades		2		2			2	1			2	9	1	1	10	Moderado
Poluição química		2		2			2		2	1		9	1	1	10	Moderado
Poluição por óleo		2		2			2	1		1		8	1	1	9	Moderado
Perturbação do fundo do mar do afundamento detritos	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Reversão para condições de linha de base	1		1			1		1		1		5	2	2	9	Moderado
Aumento da atividade de vasos	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo

## APÊNDICE D - ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA DO IMPACTO EM TERRA

Mecanismo de impacto	Situação		Abrangência			Incidência		Temporalidade		Reversibilidade		Severidade	Frequência	Probabilidade	Importância	
	N	R	L	R	G	D	I	T	P	R	I					
Acomodação dos colaboradores no município	1			2		1		1		1		6	3	3	15	Moderado
Moradias provisórias	1			2			2	1		1		7	3	3	16	Moderado
Abertura ou reabilitação dos principais acessos	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Obras de drenagem pluvial	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Construção ou readequação de pontes ou bueiros.	1		1			1			2		2	7	3	3	16	Moderado
Execução das escavações para construção das fundações das torres.	1		1			1			2		2	7	2	3	13	Moderado
Preparação da plataforma para montagem e manutenção	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Armazenamento temporário do material resultante das escavações	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Transporte das estruturas dos Aerogeradores	1		1			1		1		1		5	3	3	14	Moderado
Montagem dos aerogeradores	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo

Mecanismo de impacto	Situação		Abrangência			Incidência		Temporalidade		Reversibilidade		Severidade	Frequência	Probabilidade	Importância	
	N	R	L	R	G	D	I	T	P	R	I					
Construção da rede de energia interna do parque	1		1			1			2		2	7	1	3	10	Moderado
Construção da subestação elevadora	1		1			1			2	1		6	1	3	9	Moderado
Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	1		1			1			2		2	7	1	3	10	Moderado
Instalação de turbina	1		1			1		1		1		5	1	3	8	Baixo
Averbação dos terrenos	1			2			2		2		2	9	1	3	12	Moderado
Presença da subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Presença e funcionamento dos aerogeradores	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto
Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	1			2		1			2		2	8	3	3	17	Alto



Mecanismo de impacto	Situação		Abrangência			Incidência		Temporalidade		Reversibilidade		Severidade	Frequência	Probabilidade	Importância	
	N	R	L	R	G	D	I	T	P	R	I					
Manutenção de equipamentos	1		1			1		1		1		5	2	3	11	Moderado
Incidente que leva a derrame químico		2		2			2	1			2	9	1	1	10	Moderado
Incidente que leva a derrame de óleo / combustível		2		2			2	1			2	9	1	1	10	Moderado
Perda de equipamento / estrutural componentes		2	1				2	1		1		7	1	1	8	Baixo
Remoção e transporte dos equipamentos	1		1			1		1		1		5	2	2	9	Moderado
Destinação a todos os elementos retirados	1		1			1		1		1		5	2	2	9	Moderado
Plano de recuperação final de todas as áreas afetadas.	1			2		1		1		1		6	3	3	15	Moderado
Substituição de turbinas	1			2			2	1		1		7	3	3	16	Moderado

**APÊNDICE E - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR PELA MATRIZ DE LEOPOLD**

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR																														
Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total				
		Solo						Água						Ar				Flora		Fauna		Recreação		Estética			Cultura			
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos	Densidade populacional
<b>Perturbação do fundo do mar através amostragem</b>	Situação	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		
	Abrangência	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Incidência	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2		
	Temporalidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		
	Reversabilidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		
	<b>Total</b>	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	6	6	71		
<b>Distúrbios de ruído através do aumento atividade de vaso e sonar / sísmico</b>	Situação	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
	Abrangência	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0			
	Incidência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
	Temporalidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
	Reversabilidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
	<b>Total</b>	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	12		
<b>Perturbação</b>	Situação	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0			

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	Abrangência	2	2	2	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
	Incidência	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	
	Temporalidade	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
	Reversabilidade	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
	Total	6	6	6	6	5	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5	5	0	0	0	0	56	
Presença física de vasos e equipamentos / estruturas associadas	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	0	0	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	7	7	7	7	7	0	0	47
Perturbação ao fundo do mar e geração de ruído através da acumulação	Situação	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	12	
Perturbação	Situação	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
ao fundo do mar e à coluna de água através da instalação das fundações	Abrangência	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversibilidade	2	0	2	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	6	0	6	6	5	6	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	49
	Situação	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversibilidade	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	5	0	5	5	5	5	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	45
Presença física da superespacial estruturas	Situação	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	
	Reversibilidade	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	
	Total	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	7	7	7	7	7	0	0	0	63

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
Ruído e movimentação das turbinas	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7	7	0	0	7	7	0	0	0	35
Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustível fóssil combustão	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0		
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0		
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0		
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	18	
Maior atividade de vasos para manutenção	Situação	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0		
	Abrangência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0		
	Incidência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0		
	Temporalidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0		
	Reversabilidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	0		

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
	Total	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	6	0	26
Negócios locais e emprego oportunidades	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	8	8	64	
Poluição química	Situação	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	
	Abrangência	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	
	Incidência	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	
	Temporalidade	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	
	Reversabilidade	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	
	Total	9	9	9	10	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	0	148	
Poluição por óleo	Situação	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0		
	Abrangência	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0		
	Incidência	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0		
	Temporalidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	
	Reversabilidade	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0		

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos															Biológicos				Socioeconomicos						Total		
		Solo					Água						Ar				Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura				
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte	Padrões culturais		Saúde e segurança	Empregos
	Total	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	0	0	9	9	0	171
Perturbação do fundo do mar do afundamento detritos	Situação	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
	Abrangência	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
	Incidência	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
	Temporalidade	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
	Reversabilidade	1	0	0	2	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	1	0	0	0	1	0	
	Total	5	0	0	6	6	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	6	0	5	0	0	0	5	0	56	
Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	Situação	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Abrangência	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Incidência	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Temporalidade	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Reversabilidade	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Total	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	5	0	5	5	0	5	5	0	40	
Reversão para condições de linha de base	Situação	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0		
	Abrangência	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	2	0		
	Incidência	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0		
	Temporalidade	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0		
	Reversabilidade	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	1	0		

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM MAR ABERTO E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
	Total	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	7	7	0	0	6	0	37
Aumento da atividade de vasos	Situação	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
	Total	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	20

970



**APÊNDICE F - POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM  
TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR PELA MATRIZ DE LEOPOLD**

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR																													
Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
Acomodação dos colaboradores no município	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	63
Moradias provisórias	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2		
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	54	



POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto	Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total					
	Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura							
	Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos	Densidade populacional	
Reversabilidade	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Total	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	102
Execução das escavações para construção das fundações das torres.	Situação	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	2	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversabilidade	2	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	7	0	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	7	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Preparação da plataforma para montagem e manutenção	Situação	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	0	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0	5	5	5	0	5	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
Armazenamento temporário do material	Situação	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos													Biológicos			Socioeconomicos						Total					
		Solo					Água					Ar			Flora		Fauna	Recreação		Estética	Cultura								
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas		Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte	Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
resultante das escavações	Incidência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Temporalidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reversabilidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Transporte das estruturas dos Aero geradores	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	20
Montagem dos aerogeradores	Situação	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Temporalidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Reversabilidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Total	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	35	

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos												Biológicos				Socioeconomicos						Total					
		Solo					Água							Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura				
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas		Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte	Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
Construção da rede de energia interna do parque	Situação	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	Abrangência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	Incidência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	Temporalidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	Reversabilidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	Total	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	5	5	0	0	5	5	0	5	0	5	0	60
Construção da subestação elevadora	Situação	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversabilidade	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	Situação	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Abrangência	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Incidência	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Temporalidade	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	2	0	2	0	0

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto	Físicos															Biológicos				Socioeconomicos						Total			
	Solo					Água					Ar					Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
	Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte	Padrões culturais		Saúde e segurança	Empregos	Densidade populacional
Reversabilidade	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	
Total	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	3	6	0	0	6	0	0	75
Instalação de turbina	Situação	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Averbação dos terrenos	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	0	0	6	30	
Presença da subestação, edifício de	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos													Biológicos				Socioeconomicos						Total			
		Solo					Água						Ar		Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem		Acesso à rede de transporte	Padrões culturais	Saúde e segurança
comando, posto de seccionamento e acessos	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	0	0	0	0	7	0	28
Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	0	7	7	7	7	0	49
Presença e funcionamento dos aerogeradores	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos													Biológicos				Socioeconomicos						Total				
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura					
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem		Acesso à rede de transporte	Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	7	7	7	7	7	7	0	0	0	50
Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	Situação	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
	Abrangência	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
	Incidência	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
	Temporalidade	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	
	Reversabilidade	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	
	Total	0	0	7	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	7	0	0	7	0	0	0	0	49	
Manutenção de equipamentos	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
Incidente que leva a derrame químico	Situação	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	1	0	
	Abrangência	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	1	0	
	Incidência	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	1	0	



POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos														Biológicos				Socioeconomicos						Total				
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura						
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos	Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte		Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos	Densidade populacional
	Temporalidade	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	
	Reversabilidade	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	
	Total	9	9	9	0	0	0	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	9	9	0	9	0	9	0	9	9	9	6	0	132
Incidente que leva a derrame de óleo / combustível	Situação	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	
	Abrangência	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	
	Incidência	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	
	Temporalidade	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	
	Reversabilidade	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	
	Total	9	9	9	0	0	0	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	9	9	0	9	0	9	0	9	9	9	9	0	135
Perda de equipamento / estrutural componentes	Situação	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	
	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	
	Temporalidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	Reversabilidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	Total	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	5	0	55
Remoção e	Situação	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		

POTENCIAIS GERADORES DE IMPACTO EM EMPREENDIMENTO EÓLICO EM TERRA E O AMBIENTE RECEPTOR

Mecanismo de impacto		Físicos											Biológicos				Socioeconomicos						Total							
		Solo					Água						Ar			Flora		Fauna		Recreação		Estética		Cultura						
		Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades biológicas	Estabilidade	Ruído na água	Erosão	Alteração de PH	Sólidos totais	DQO/DBO	Metais	Contaminantes orgânicos	Temperatura	Consumo	Poeira	Gases	Ruídos	Vapores Orgânicos	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres/aquáticos		Ocupação das áreas	Padrão de paisagem	Acesso à rede de transporte	Padrões culturais	Saúde e segurança	Empregos	Densidade populacional
transporte dos equipamentos	Abrangência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
	Incidência	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
	Temporalidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
	Reversabilidade	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
	Total	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	5	40
Substituição de turbinas	Situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Abrangência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Incidência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Temporalidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Reversabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5	0	24	

1477

## APÊNDICE G - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO

### ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO EM TERRA

As torres eólicas para produção de energia elétrica são compostas basicamente por: gerador, pás, mastro e fundação.

As pás têm como função a interação com o vento, convertendo parte de sua energia em trabalho mecânico de rotação do rotor, onde estão acopladas. O rotor gira o eixo, transferindo a energia de rotação para o gerador. Seguindo os princípios do magnetismo, o gerador produz eletricidade, dependendo de sua eficiência. Em seguida a eletricidade será transmitida por cabos que descem o mastro da torre até o solo, que é encaminhado por tubos subterrâneos até uma subestação, a partir desse ponto a eletricidade é encaminhada ao sistema elétrico.

Nacele: é a carcaça montada sobre a torre que abriga os componentes responsáveis pela geração de energia (rotor). Um medidor de velocidade e sentido do vento (anemômetro) é instalado sobre a nacele, indicando a direção que o rotor deve estar para receber a maior incidência de vento. Esta unidade é responsável por alinhar a turbina com o vento, monitorar o sistema e em caso de falha desligá-lo (BURTON et al., 2001).

Torre: Estrutura responsável de elevar à turbina a altura de incidência do vento, para que as pás possam girar a uma distância do solo ou nível d'água, sustentar o nacele e o rotor. São constituídas por segmentos metálicos ou de concreto pré-moldado.

Fundação: Responsável por transferir as cargas de esforços atuantes na estrutura para o solo. As fundações são determinadas de acordo com a análise do solo, essas podem ser divididas em estudo geológico, análises geofísicas e investigação geotécnica.

Nesta etapa do trabalho serão descritos os procedimentos construtivos de um parque eólico. Essas etapas servirão futuramente para identificar em cada etapa os impactos ambientais da implantação desse tipo de empreendimento auxiliado pelos artigos acadêmicos citados previamente. Todas as etapas aqui descritas foram identificadas no contato com diversas empresas que realizam as diversas etapas de construção.

#### **Construção de torre eólica em terra**

Após os trâmites legais para instalação dos parques eólicos serem aprovados, começa-se as obras propriamente ditas. Os primeiros trabalhos demandam de criação de rotas de acesso no parque, onde camadas de terra vegetal são removidas para posteriormente serem utilizadas em projeto paisagístico, é realizada também a abertura da plataforma do caminho e

a colocação de saibro. São construídos aquedutos e valetas de drenagem. Rotas secundárias são abertas dentro do parque para dar acesso aos locais onde serão instaladas as torres. Previamente é realizado o estaqueamento da base do aerogerador com estacas de concreto, para que o mesmo tenha sustentação quando seja erguido. Após é realizada a sapata de concreto que sustentará a torre eólica. Os materiais em sua totalidade são transportados por veículos especiais devido a suas dimensões. Geralmente são transportados por caminhões. Esses veículos especiais costumam transportar pás, torres e geradores eólicos. Após a chegada dos equipamentos, é iniciada a fase de montagem das torres e construção da subestação. Após o termino da subestação é realizado a interligação das torres eólicas a subestação utilizando cabos de média tensão. As torres eólicas são montadas por guas especiais, que içam suas partes. As pás são içadas e conectadas nas naceles. Com a fixação das mesmas os rotores são ativados. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002). Esta descrição pode ser fragmentada nas seguintes atividades(RIBEIRO, 2015; SILVA, 2014):

### **Trabalhos preliminares**

Denomina-se trabalhos preliminares os todos os trabalhos realizados antes da construção de edificações e dos principais serviços necessários. Nesta etapa estão inclusos os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza do terreno natural de modo a eliminar camadas nocivas ao subleito, remoção de matações e blocos de pedra que possam interferir na obra.

### **Terraplenagem**

O procedimento técnico envolvido na construção dos aterros envolve a descarga do material, seu espalhamento em camadas, homogeneização, umedecimento, aeração e devida compactação.

Nas laterais do aterro dos acessos são previstas valetas trapezoidais. O material escavado na limpeza do terreno pode ser usado para recuperação das caixas de empréstimo. Quando estas caixas estiverem preenchidas, o material poderá ser levado para a área de Bota-Fora.

Os cortes e aterros são executados com a utilização de diversos equipamentos: caminhões basculantes, tratores de lâmina, retroescavadeiras, niveladoras, rolos lisos, de pneus e pés-de-carneiro estáticos ou vibratórios.

## **Drenagem**

O serviço de drenagem envolve três modalidades: drenagem de grotas, drenagem superficial e drenagem profunda. Em locais do terreno próximos às estradas e pátios, existe a necessidade de construção de canais, bueiros de concreto, de modo a criar um caminho preferencial para as águas. Esses elementos de drenagem devem assegurar a estabilidade de taludes, além de dissipar a energia do escoamento. As valetas, posicionadas nas laterais dos acessos, são importantes para evitar alagamentos.

## **Pavimentação**

O pavimento a ser construído tem por função resistir aos esforços solicitantes da passagem de máquinas e caminhões durante a construção, estocagem de materiais, como as pás do aerogerador, e posteriormente por conta da manutenção dos aerogeradores.

## **Escavações**

As escavações se dão de acordo com o modelo de fundação escolhido, podendo ser em fundação profunda, que se utiliza de estacas cravadas, para as quais muitas vezes existe a necessidade de rebaixamento do lençol freático, de modo que a água não atrapalhe a fundação, e a fundação rasa que se utiliza de fundação tipo sapata, onde existe a necessidade de grande remoção de terra.

## **Fundações**

Existem dois tipos de fundação para estruturas eólicas em terra: fundação profunda com uso de estacas ou fundação rasa, com uso de sapata. Para solos de baixa resistência opta-se por fundação de estacas, e para solos de alta resistência opta-se por fundação tipo sapata. Devido ao nível do lençol freático no Brasil, opta-se no sul por fundações profundas e no nordeste por fundações rasas.

## **Montagem da torre**

Após o término da execução da fundação e aguardado o período de ganho de resistência do concreto, começa a etapa de montagem da torre eólica.

Enquanto essa etapa não se inicia, os segmentos do mastro e a nacelle ficam armazenadas ao lado da fundação. Para isso o solo deve apresentar compactação adequada de modo a resistir à carga dos elementos.

As pás são transportadas por caminhões com carga extensíveis acompanhados por carros batedores que auxiliam em sua movimentação e alertam quanto a sua passagem. As pás são transportadas por meio de caminhão com carga extensível. As pás são dispostas ao lado da fundação até o momento de instalação.

O encaixe da torre eólica ocorre pelo uso de guindastes especiais, onde a base da torre é acoplada a coroa de ancoragem. Os parafusos são fixados, e os segmentos da torre são encaixados sequencialmente (em alguns casos usa-se o processo de solda). Por fim, as pás são instaladas no rotor e levantadas por com uso do guindaste no nacele.

A turbina eólica encontra-se pronta para executar sua função de geração de energia elétrica. Deve-se apenas conectar agora a turbina a cabos elétricos que conduziram a energia para uma estação de elevação de tensão.

### **Serviços finais**

Após o término dos serviços, realiza-se a demolição de instalações provisórias e a completa limpeza da área, com total remoção dos materiais utilizados e efetuação da restauração da vegetação nativa.

## APÊNDICE H - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO EM MAR ABERTO

Na concepção da construção de empreendimentos em alto mar, a maior parte dos componentes é construída em terra. Normalmente, a nacelle é completamente montada antes de serem transferidos para o local. Todos os outros componentes são transferidos e montados no local, depois de as fundações estarem completamente construídas. Os cabos têm que estar no local para ser iniciada a montagem da turbina.

A nacelle montada, a torre, o cubo e as pás do rotor são transferidos para o local e a montagem começa de maneira semelhante à dos parques eólicos em terra. A torre, que pode ter duas ou mais partes, é erguida e assente na estrutura das fundações; segue-se a colocação da nacelle e das pás.

Levantam-se mais dificuldades quando os componentes são transportados para o local da instalação. Quando as fundações estiverem preparadas para suportar a torre e outros componentes, devem ser instaladas embarcações especializadas para que o transporte dos componentes seja possível. É necessário equipamento mais especializado para finalizar a montagem. O equipamento inclui guindastes ou outro equipamento de elevação. As estruturas de ancoragem só são necessárias no caso de turbinas eólicas flutuantes, para manterem a turbina numa área restrita e para permitirem a navegação de embarcações nessa zona, evitando acidentes.

Um exemplo de um parque de energia eólico em mar aberto típico é o parque de Horns Rev na costa oeste da Dinamarca. Para este projeto de parque eólico, foi escolhida uma fundação de monopilar (mono-pile). As seguintes etapas foram descritas pela empresa *Aquaret Delivering Knowledge and Understanding*:

A primeira fase do processo de construção das fundações requer a preparação do fundo do mar. Para minimizar a erosão, é preparada uma base de cascalho para as fundações. Em seguida é colocado o monopilar (mono-pile) na posição pretendida e fixada no fundo do mar, na base de cascalho. A profundidade de fixação do monopilar (mono-pile) no fundo do mar é de aproximadamente 25m. São utilizadas barcaças especiais equipadas com elevadores de água preparados para condições adversas. As peças de transição são flangeadas com os monopilares (mono-piles), utilizando as embarcações e a proteção catódica. As condutas para os cabos submarinos são fechadas com betão e a base é coberta com cascalho e pedra. Para a fase de instalação da turbina eólica, são usadas plataformas auto-elevatórias especiais, com

pernas submergíveis, equipadas com equipamento elevatório para içar todos os componentes das turbinas e colocá-los no lugar.

A maior diferença entre as concepções de turbinas para instalação em terra e em mar aberto são as fundações. As estruturas das fundações das turbinas eólicas em mar aberto podem ser de monopilar (mono-piles), de tripodes (tripods), de base gravitacional de betão (concrete gravity based) ou de suporte flutuante (floating support). A escolha do tipo de fundações depende profundidade da água, condições de ventos e ondas, correntes marítimas, propriedades do fundo do mar e acesso.

Estaca única (Monopilar): Consiste em um longo tubo vertical, cravado ou perfurado no solo abaixo do mar como qualquer outra estaca, em cima do qual a torre eólica é montada. Normalmente a cravação é realizada com martelo hidráulico, porém se as condições do solo forem ruins, este pode ser assistido por um trado ou broca. Este modelo é considerado o mais comumente utilizado devido ao seu baixo custo e a facilidade de transição de projetos dos modelos de torres eólicas em terra para os modelos em mar aberto. A instalação das estacas únicas consiste em preparação marinha, estacas, desengordura, instalação de peças de transição grouting e instalação de J-tubo. Em primeiro lugar o fundo do mar é preparado despejando rochas (proteção vascular) e fazendo uniformidade de superfície. Um sitio de pré-montagem é preparado no porto, onde cada estaca é transportada para o local de instalação por um navio. A instalação da estaca nesse sistema é feito por barca-elevadora ou de um navio de grua flutuante, que deverá possuir altura suficiente para operar a estaca e material. A estaca é erguida por um guindaste e um martelo hidráulico posiciona a estaca no fundo do mar a uma profundidade determinada. Após a estaca fixada uma peça de transição é colocada sobre a estaca. A área ao redor da estaca pode precisar de proteção com pedras para proteger contra erosão. Contudo é preciso salientar os impactos causados durante a cravação. Durante este processo são produzidos ruídos na ordem dos 160 dB. Este nível sonoro para além de ser perigoso para os trabalhadores representa um possível impacto na fauna. Este impacto negativo tem sido alvo de soluções de mitigação do impacto ambiental. Uma das soluções passa pela criação de uma cortina de bolhas de ar comprimido, a outra solução é a criação de uma ensecadeira temporária, onde o espaço entre a estaca e o caixão é bombeado, criando assim uma barreira de ar que funciona como barreira à propagação do som.

Base de gravidade: Esta fundação se apoia sobre a superfície ou enterrada dentro de uma escavação em solo marinho. Caracterizada por bases de grande diâmetro, sua estrutura é suportada pelo próprio peso e é construída geralmente com concreto armado, podendo também ser constituída de aço. No entanto, no caso de aço, é necessário preencher os espaços



vazios do perfil com rocha, a fim de obter o peso necessário. A instalação desse modelo consiste no transporte de grandes blocos de concreto, onde o primeiro bloco é assentado no fundo do mar e seguido pelo encaixe das demais peças de concreto, esse processo é realizado por um ou mais embarcações com guias flutuantes. Após o assentamento das peças de concreto é instalada a peça de transição. A área ao redor da estaca pode precisar de proteção com pedras para proteger contra erosão.

Tripé: Trata-se de uma estrutura de aço leve com três apoios. A torre eólica é montada no topo dessas três pernas, em seu ponto de intersecção. Por se tratar de grandes estruturas requerem embarcações especiais capazes de transportar a estrutura. O tripé é fixado no leito marinho, recendo a torre eólica.

Cada um dos modelos de fundação apresentados apresentam características diferentes ao modo de transferência de cargas atuantes para o solo. A fundação em estaca única e a de tripé transferem a carga de modo vertical e axialmente, enquanto a fundação por base de gravidade transfere verticalmente ao longo de sua base.