

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM PARQUES EÓLICOS OFFSHORE E ONSHORE UTILIZANDO A MATRIZ DE LEOPOLD

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT IN OFFSHORE AND ONSHORE WIND FARMS USING THE LEOPOLD MATRIX

Clayton Diego da Luz 

Mestrando na Universidade Positivo – Curitiba (PR), Brasil.

Eliane Carvalho de Vasconcelos 

Professor titular na Universidade Positivo – Curitiba (PR), Brasil.

Patrícia Bilotta 

Professor titular na Universidade Positivo – Curitiba (PR), Brasil.

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho 

Professor titular na Universidade Positivo – Curitiba (PR), Brasil.

Endereço para correspondência:

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho - Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300 – CIC – CEP: 81280-330- Curitiba (PR), Brasil – E-mail: marccarv@gmail.com

Recebido em: 10/12/2019

Aceito em: 27/3/2020

RESUMO

Este trabalho propõe comprovar a veracidade da afirmação de que a modalidade eólica *offshore* causa menor impacto ambiental que a *onshore*. Após a avaliação e a valoração dos impactos ambientais nas duas modalidades, por meio da Matriz de Leopold, foi determinado para a modalidade eólica *offshore* o valor total de magnitude de 970. Para a classificação de Importância, em 22% a classificação foi alta, em 50% moderada e em 28% baixa. Para a classificação de significância em 50% a classificação foi grande, em 22% média e em 28% pequena. Para a modalidade eólica *onshore*, o valor total da magnitude foi de 1.477. Para a classificação de Importância, em 27% a classificação foi alta, em 54% moderada e em 19% baixa. Para a classificação de significância, em 58% a classificação foi grande, em 23% média e em 19% pequena. Com base nesses parâmetros, confirmou-se que, a modalidade eólica *offshore* é menos impactante ao meio ambiente que a modalidade eólica *onshore*.

Palavras-chave: eólica *offshore*; eólica *onshore*; matriz de Leopold; avaliação de impactos; valoração de impactos.

ABSTRACT

This paper proposes to prove the veracity of the statement that the offshore wind modality causes less environmental impact than the onshore one. After the assessment and measurement of environmental impacts in both modalities through the Leopold Matrix, the total value of Magnitude of 970 was determined for the offshore wind. In the Importance classification, 22% were classified as High, 50% as Moderate, and 28% as Low. In the Significance rating 50% were classified as Large, 22% as Medium and 28% as Small. For the onshore wind modality, the total Magnitude value was 1,477. In the Importance classification, 27% were classified as High, 54% as Moderate, and 19% as Low. In the Significance rating, 58% were rated Large, 23% Medium, and 19% Small. Through these parameters it was confirmed that the offshore wind modality is less environmentally impacting than the onshore wind modality.

Keywords: offshore wind; onshore wind; Leopold matrix; impact assessment; impact valuation.

INTRODUÇÃO

O cenário global atual aponta para demanda crescente do consumo de energia elétrica, em função do aumento da população e da produção de insumos cada vez mais acelerada. Os meios convencionais de geração de energia elétrica são usinas nucleares, termoelétricas e hidroelétricas, porém essas alternativas apresentam custos elevados de construção e operação, além de causarem diversos impactos ambientais.

Para Matulja *et al.* (2010), refletir sobre direitos fundamentais, mudanças climáticas e serviços essenciais é repensar a ocupação do solo nas cidades e no campo, os fluxos migratórios e a conservação da natureza para sustentabilidade de serviços e recursos.

Diante desse desafio, surge a necessidade do investimento em energias renováveis, tais como energia solar, eólica e por ondas marítimas (MARARAKANYE; BEKKER, 2019). A energia renovável não é vista apenas como escolha ambientalmente sustentável proveniente de um sistema de geração limpa, mas também como abordagem que trata de outras necessidades sociais. Entre essas necessidades, temos melhoria da manutenção da segurança energética, redução dos impactos ambientais resultantes da utilização de combustível fóssil e redução das alterações climáticas (WANG *et al.*, 2018).

Nos últimos dez anos ocorreu aumento significativo na utilização de energias renováveis no mundo, principalmente na Europa. Esse aumento é decorrente da redução de custos que ampliou a atratividade dessas fontes de energia e do Acordo de Paris, assinado em 2016, que visa à redução da emissão de gás carbono, dando maior visibilidade a fontes de emissão zero (ARANTEGUI; JÄGER-WALDAU, 2018).

Existem duas modalidades eólicas, *onshore* e *offshore*. Todo uso de energia gera impactos ambientais, sociais e econômicos, que resultam da utilização de recursos naturais, podendo alguns ser significativos em função das extensas áreas utilizadas para produção em grande escala (SILVA *et al.*, 2005). A modalidade *onshore* caracteriza-se pela implantação da infraestrutura eólica em terra, o que requer grandes extensões territoriais e pode causar impacto visual e sonoro na vizinhança, interferência em ondas eletromagnéticas e colisão de aves e morcegos com as pás eólicas. O sistema

offshore é apresentado como alternativa ao sistema *onshore*. Sua infraestrutura é instalada no mar, a determinada distância da costa marítima, de acordo com as especificações de projeto. Esse sistema possui maior capacidade de geração de energia elétrica, sendo apresentado como solução a diversos impactos causados pelo sistema *onshore* (BARBOSA, 2017), como eliminação dos impactos visuais e sonoros por não possuírem vizinhança, apesar de a modalidade *offshore* afetar visualmente a navegação de embarcações e as vibrações sonoras afetarem a vida marinha. Porém, as afirmações sobre energia eólica *onshore* e *offshore* são regidas por uma série de incertezas para o processo de concepção e gestão, em função da falta de pesquisas de metodologia de análise dos riscos e da confiabilidade do sistema, característica comum em tecnologias recentes com aplicação em larga escala (LEIMEISTER; KOLIOS, 2018).

Revistas, mídia e especialistas da área de geração de energia atribuem ao sistema eólico *offshore* menor impacto ambiental em relação ao sistema *onshore*, porém na revisão literária não foi encontrada nenhuma avaliação qualitativa ou quantitativa entre os dois modelos de produção de energia elétrica. Além da falta de comparação na literatura entre os dois modelos, também foram observados na revisão dos artigos, impactos ambientais não conhecidos até o momento de ocorrência nos empreendimentos *offshore*. Floeter *et al.* (2017) destacam que, em função da mudança da amplitude das marés, influenciadas pelas torres eólicas que servem como quebra-mar, e da sombra projetada pelas torres nas águas houve aumento da concentração de oxigênio e de clorofila na água, causando diferenciação na quantidade e no tipo de plâncton e na quantidade de matéria orgânica, porém não se observou mudança nos peixes. Hammar, Wikström e Molander (2014), em estudo de impacto ambiental (EIA), evidenciaram que na fase de construção do parque eólico *offshore* na costa de Kattegat, ocorreu interferência na vida dos bacalhau, em função do intenso fluxo marítimo de máquinas e navios para instalação dos parques eólicos, que ocasionou aumento de ruídos e distúrbios causados pelo trinçamento dos cabos. De acordo com Wilson *et al.* (2010), a instalação de turbinas eólicas *offshore* implica na perturbação do fundo do mar nas imediações da turbina, resultando liberação de

cascalho, material de granulometria fina, que permanece em suspensão na água até sedimentar. Keith *et al.* (2004) simularam o impacto climático das turbinas eólicas, alterando os coeficientes de arrasto da superfície em dois diferentes modelos gerais de circulação, mostrando que a energia eólica pode induzir mudanças climáticas nas escalas continentais, mas o efeito sobre a temperatura média da superfície é significativamente menor que as mudanças climáticas em escala continental. Em 2009, foi demonstrado o interesse nas estruturas subaquáticas das turbinas que funcionam como recifes artificiais (INGER *et al.*, 2009). A avaliação realizada por Castro, Santiago e Santana-Ortega (2002) determinou o efeito de estruturas flutuantes sobre o comportamento de agregação dos peixes, sugerindo

que os parques eólicos podem atuar como dispositivos de agregação desses animais.

O presente estudo, tem o intuito de confirmar ou não a afirmação de que o empreendimento eólico *offshore* apresenta menor impacto ambiental que o empreendimento *onshore*. A verificação dessa hipótese foi realizada por meio de avaliação e comparação dos impactos ambientais decorrentes de atividades nas modalidades eólicas *onshore* e *offshore*, considerando todos os impactos identificados pela literatura que possam existir nesses empreendimentos e desconsiderando particularidades de localidades de implantação, sendo os impactos quantificados pela Matriz de Leopold adaptada.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio da revisão bibliográfica de 69 artigos que abordaram impactos ambientais das atividades de construção e operação de empreendimentos eólicos *onshore* e *offshore*. Esses artigos foram selecionados com base na revisão sistemática da literatura, na qual se utilizou as combinações das palavras *Environmental Impact*, *Wind Energy*, *Wind Energy Offshore* and *Wind Energy Onshore*, *Matriz Leopold*, em pesquisa nas plataformas acadêmicas Coordenação

de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e ScienceDirect. Os artigos selecionados abordaram a questão da interação dos parques eólicos com o meio ambiente e de que forma essa interação poderia gerar impactos positivos ou negativos, dando respaldo para a análise dos impactos. Além dos artigos científicos, foram utilizados estudos de impactos ambientais em parques eólicos já existentes.

Reconhecimento dos impactos ambientais dos modais eólicos

O reconhecimento dos impactos ambientais iniciou-se com a análise dos empreendimentos eólicos nas suas diversas fases (construção, operação, manutenção e desativação), os quais foram identificados pela avaliação dos estudos de impacto ambiental e dos relatórios de impacto ambiental (EIA/RIMA), proporcionando assim o reconhecimento das etapas em que o impacto começa e termina e as causas de sua ocorrência, do período de término dos impactos e as características dessa causa, conforme Apêndices 1 e 2 deste trabalho. Os mecanismos de impactos ambientais e a atuação e consequência desses nos meios

físico, biológico e socioeconômico foram identificados com base nos apontamentos dos artigos técnicos e científicos da revisão de literatura e dos estudos de impacto ambiental.

As interações entre os mecanismos de impacto e o ambiente receptor auxiliam na compreensão da abrangência, temporalidade, classe, capacidade de reversão, incidência e frequência/probabilidade de como os impactos ocorrerão. Essa compreensão é responsável pelos critérios de classificação da Importância e da magnitude dos impactos.

Construção da matriz de Leopold

A matriz de Leopold adaptada foi desenvolvida por meio da concepção original da matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971) utilizando os meios de impacto (físico, biológico e socioeconômico) definidos por

Barbosa (2017). A adaptação foi necessária, pois a matriz de Leopold apresenta 100 meios de ocorrência dos impactos e o modelo de Barbosa (2017) utiliza apenas os meios afetados por empreendimentos eólicos.

A Importância dos impactos foi determinada por meio do somatório dos índices severidade e frequência/probabilidade. O índice severidade foi determinado por meio do somatório dos índices situação, abrangência, incidência, temporalidade e reversibilidade (ROCHA, 1997), conforme a Equação 1:

$$\text{Severidade} = S + A + I + T + R \quad (1)$$

Em que:

S = Situação;

A = Abrangência;

I = Incidência;

T = Temporalidade;

R = Reversibilidade.

Os valores para cálculo da Severidade são apresentados na Tabela 1.

Importância < 9: baixa

Os aspectos ambientais e os respectivos impactos com Importância *I* = 5 (situações normais e de risco)

Os coeficientes de frequência e de probabilidade foram determinados por meio dos parâmetros constantes da Tabela 2:

A pontuação da Importância foi feita por meio do somatório dos pontos referentes à severidade, frequência e probabilidade (ROCHA, 1997), conforme a Equação 2:

$$I = S + F * P \quad (2)$$

Em que:

I = Importância;

S = Severidade;

F = Frequência;

P = Probabilidade.

A análise da importância deu-se conforme os parâmetros a seguir, de acordo com o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA, 2017):

devem ser desprezados, já que na avaliação desse aspecto, há impacto com severidade baixa e frequência/

Tabela 1 – Matriz de Leopold: índices de severidade.

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

Fonte: Rocha (1997).

probabilidade improvável de ocorrer (pouco frequente). Não podem ser desprezados os impactos que apresentam magnitude considerável no somatório de impactos similares, ou seja, que tenham efeito cumulativo, por

Importância > 16: alta

Para itens cuja pontuação da Importância $I > 16$, 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.

Importância entre 9 e 16: moderada

Para as situações de risco cujos impactos apresentarem severidade $S > 8$, devem ser previstas necessariamente medidas mitigadoras em um plano de ação de emergência ambiental.

Para as situações cuja análise resultar em severidade = 5 e cujas ações mitigadoras não puderem ser gerenciadas com recursos humanos e materiais da própria área, devem ser previstas necessariamente

Impacto não significativo

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

O índice de magnitude foi determinado por meio do somatório dos índices situação, abrangência, incidência, temporalidade e reversibilidade, conforme a Equação 3:

$$\text{Magnitude} = S + A + I + T + R \quad (3)$$

exemplo: resíduos sólidos na área centralizadora de resíduos, emissões gasosas em áreas com maior ocorrência do aspecto, efluentes líquidos no tratamento final e aspectos similares numa mesma atividade.

Nesse caso, são atividades que devem ser executadas sob medidas preventivas ou tomadas providências imediatas para diminuir 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.

medidas mitigadoras em um plano de ação de emergência ambiental.

Para as situações normais com Importância $I =$ entre 9 e 16, as ações mitigadoras devem ser sempre gerenciadas com recursos da própria área. Para as atividades cuja avaliação de aspectos e impactos ambientais em situações normais resultar Importância entre 9 e 16, as atividades devem atender a requisitos legais e metas ambientais.

Em que:

S = Situação;

A = Abrangência;

I = Incidência;

T = Temporalidade;

R = Reversibilidade.

Tabela 2 – Matriz de Leopold: coeficientes de frequência/probabilidade.

FREQUÊNCIA/PROBABILIDADE	
Frequência	Baixa = +1 - ocorre poucas vezes ou é improvável que ocorra Média = +2 - ocorrência recorrente e pode vir a ocorrer Alta = +3 - ocorrência recorrente ou permanente e que com certeza irá ocorrer
Probabilidade	Baixa = +1 - ocorre poucas vezes ou é improvável que ocorra Média = +2 - ocorrência recorrente e pode vir a ocorrer Alta = +3 - ocorrência recorrente ou permanente e que com certeza irá ocorrer

Fonte: Rocha (1997).

Os valores para o cálculo quantitativo da magnitude são apresentados na Tabela 3.

O valor total do somatório dos valores ponderados de cada atributo, somados ao fim, caracterizam valor total de magnitude do impacto avaliado. O somatório total de todos os mecanismos de impacto determina o valor total da significância do impacto ambiental do modal eólico, e com esse valor será possível definir o tipo de modelo de empreendimento eólico que apresenta menor impacto.

Para a melhor apreciação dos valores de magnitude, foi 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 a 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, que é apresentada no Quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor apreciação dos resultados da avaliação, foram construídos os Quadros 2 e 3, que apresentam o resumo da avaliação das matrizes eólicas em terra e em mar aberto, respectivamente, bem como o resultado da avaliação final dos coeficientes de magnitude, importância e significância para cada mecanismo de impacto, em ordem decrescente.

Com base no exposto nos Quadros 2 e 3, podem ser identificados 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 àqueles classificados como impacto de risco e que possuem abrangência regional ou

Tabela 3 – Matriz de Leopold: índices de magnitude.

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

Fonte: Rocha (1997).

Quadro 1 – Matriz de interação magnitude × importância.

Magnitude	Importância			
	Não significativa	< 9 (Baixa)	Entre e 16 (Moderada)	> 16 (Alta)
Pequena	Não significativa	Não significativa	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras
Média	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Inaceitável
Grande	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Medidas mitigadoras	Inaceitável

global, como, por exemplo, poluição química ou por óleo, causada por acidente em mar aberto. A classificação de Importância desses impactos como moderada dá-se por serem impactos que não devem ocorrer, que são decorrentes de falhas ou são ocorrências incomuns, ou seja, impactos que ocorrem com baixa probabilidade e frequência, porém a significância dos impactos é grande em função da magnitude da consequência ao ambiente.

Os impactos com alto grau de Significância são aqueles que afetam maior número de aspectos do ambiente receptor, estando fortemente ligados a atividades que modificam o ambiente, como, por exemplo, a construção dos parques eólico e a abertura e construção de estradas de acesso.

Os impactos com maior destaque na literatura, ruído, visual, impactos ligados à presença e ao funcionamento

do parque, colisão com aves etc. apresentam valor quantitativo de magnitude intermediário, porém bem abaixo dos impactos com maior magnitude, como, por exemplo, perturbação do fundo do mar e obras de infraestrutura. Pode-se afirmar com esses dados que possivelmente os estudos de impactos ambientais não estão dando a devida atenção aos impactos com significância grande, isso por que os impactos de ruído, visuais e referentes ao funcionamento dos parques são perceptíveis e de fácil mensuração, de modo diferente de impactos gerados pela construção dos parques, que dificilmente são perceptíveis após o empreendimento concluído, como o rebaixamento do lençol freático causado pela fundação das torres eólicas. Em geral, os impactos ligados à presença e ao funcionamento dos parques possuem valores médios por apresentarem

Quadro 2 – Análise de impactos da energia eólica offshore.

Mecanismo de Impacto	Magnitude	Importância	Significância
Poluição por óleo	171	Moderada	Grande
Poluição química	148	Moderada	Grande
Perturbação do fundo do mar por meio de amostragem	71	Baixa	Grande
Negócios locais e empregos, oportunidades	64	Alta	Grande
Presença física das superestruturas	63	Alta	Grande
Perturbação do fundo do mar por afundamento de detritos	56	Moderada	Grande
Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem	56	Baixa	Grande
Perturbação do fundo do mar e da coluna de água por meio da instalação das fundações	49	Moderada	Grande
Presença física de vasos e equipamentos/estruturas associadas	47	Moderada	Grande
Perturbação do fundo do mar e de outros usuários do mar por meio da instalação de cabos submarinos	45	Moderada	Média
Ruído e movimento da lâmina de turbina	35	Alta	Média
Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	40	Moderada	Média
Reversão para condições de linha de base	37	Baixa	Média
Maior atividade de vasos para manutenção	26	Moderada	Pequena
Aumento da atividade de vasos	20	Baixa	Pequena
Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustão de combustível fóssil	18	Alta	Pequena
Distúrbios de ruído por meio do aumento de atividade de vaso e sonar/sísmica	12	Baixa	Pequena
Perturbação do fundo do mar e geração de ruído por meio atividades submersas	12	Moderada	Pequena

fatores de temporalidade e frequência altos, visto que ocorrerão por toda a vida útil do empreendimento.

Ao fim da análise, somados os coeficientes de magnitude dos mecanismos dos impactos, foi obtido valor final de magnitude que serve como valor de apreciação total do impacto de cada modalidade eólica. Mediante esses dois valores, determinou-se a matriz eólica que apresenta quantitativamente menor valor de impacto.

Para o empreendimento eólico *offshore*, o somatório dos mecanismos de impacto resultou valor total de magnitude de 970. Para a classificação de importância, em 22% dos impactos a classificação foi alta, em 50% moderada e em 28% baixa. Para a classificação de significância, em 50% a classificação foi grande, em 22% média e em 28% pequena.

Para o empreendimento eólico *onshore* o somatório dos mecanismos de impacto resultou valor

Quadro 3 – Análise de Impactos da Energia Eólica Onshore.

Mecanismo de Impacto	Magnitude	Importância	Significância
Incidente que leva a derrame de óleo/combustível	135	Moderada	Grande
Incidente que leva a derrame químico	132	Moderada	Grande
Abertura ou reabilitação dos principais acessos	130	Alta	Grande
Construção ou readequação de pontes ou bueiros.	102	Moderada	Grande
Obras de drenagem pluvial	95	Alta	Grande
Recuperação paisagística da área do canteiro de obras e das áreas da rede interna do parque	75	Moderada	Grande
Execução das escavações para construção das fundações das torres	71	Moderada	Grande
Acomodação dos colaboradores no município	63	Moderada	Grande
Construção da rede de energia interna do parque	60	Moderada	Grande
Perda de equipamento estrutural e componentes	55	Baixa	Grande
Moradias provisórias	54	Moderada	Grande
Presença e funcionamento dos aerogeradores	50	Alta	Grande
Existência de novos acessos e revitalização dos antigos	49	Alta	Grande
Presença da linha de transmissão de interligação do posto de seccionamento à subestação e de entrega da energia gerada à rede receptora	49	Alta	Grande
Preparação da plataforma para montagem e manutenção	45	Baixa	Média
Remoção e transporte dos equipamentos	40	Moderada	Média
Construção da subestação elevadora	40	Moderada	Média
Montagem dos aerogeradores	35	Baixa	Média
Averbação dos terrenos	30	Moderada	Média
Instalação de turbina	30	Baixa	Média
Presença de subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	28	Alta	Pequena
Substituição de turbinas	24	Moderada	Pequena
Transporte das estruturas dos aerogeradores	20	Moderada	Pequena
Armazenamento temporário do material resultante das escavações	15	Baixa	Pequena
Manutenção de equipamentos	5	Moderada	Pequena

total de magnitude de 1.477. Para a classificação de Importância, em 27% dos impactos a classificação foi alta, em 54% moderada e em 19% baixa. Para a classificação de significância, em 58% a classificação foi grande, em 23% média e em 19% pequena.

Comparando os resultados obtidos, percebeu-se variação de 66% entre os valores encontrados na avaliação de magnitude. Essa diferença ocorreu em função de dois fatores: o número de mecanismos de impactos identificados, total de 26 para eólica *onshore* e 18 para eólica *offshore*, e a alteração ambiental decorrente de obras de infraestrutura dos empreendimentos eólicos *onshore*, os quais produzem alterações permanentes e irreversíveis, como construção de estradas, diferentemente dos empreendimentos eólicos *offshore*, que não necessitam realizar muitas modificações no ambiente.

A mesma analogia aplica-se para avaliação de significância e importância, na qual a matriz eólica *onshore* apresentou percentuais de impactos de significância grande e de Importância alta, enquanto a matriz eólica *offshore* apresentou valores percentuais elevados para os índices de significância moderada e Importância média. Esse resultado ocorreu porque os impactos gerados pelos empreendimentos eólicos *offshore* são em sua maioria impactos temporários, que deixam de atuar na conclusão das atividades que os desencadearam, ou são impactos reversíveis.

Sendo assim, os resultados indicam que o empreendimento eólico *offshore* apresenta menor índice de impacto no ambiente receptor do que o empreendimento *onshore*, com margem de 66,7% na avaliação, confirmando a afirmação de que a matriz eólica *offshore* é menos impactante que a matriz eólica *onshore*.

Comparando os resultados obtidos com as análises realizadas pelos autores citados neste artigo, percebe-se simetria na conclusão a respeito dos impactos ambientais; nos Apêndices 1 e 2, a relação impacto/autor é descrita. Por exemplo, autores como Klain *et al.* (2018), Wang *et al.* (2018) e Nedwell *et al.* (2003) ao avaliar a colisão de aves nas pás eólicas no sistema *onshore*, e autores como Drewitt e Langston (2006) e Percival (2001) ao analisarem os sistemas *offshore*, sugerem que o impacto de colisão por aves afeta apenas o local de instalação dos parques e imediações, podendo ser resolvidos ou evitados previamente por meio de análise de locação dos parques eólicos. Entretanto

a ocorrência desses eventos é preocupante e danosa, devendo receber alto grau de atenção, o que corrobora os dados encontrados neste trabalho, em que a presença e o funcionamento dos aerogeradores, os quais englobam ruídos, impactos visuais e colisão de aves, foram classificados como alta significância e grande Importância, em ambos os modelos eólicos.

Outro exemplo de comparação de análise dos autores citados que corrobora os resultados obtidos neste estudo, é a avaliação sobre a influência no *habitat* e nas espécies locais em função da presença e da construção dos empreendimentos eólicos. Enquanto Jaber (2013), Pacheco e Santos (2012), Staut (2011) e Barbosa Filho e Azevedo (2013) destacam a perda do *habitat* e o efeito prejudicial sobre espécies em empreendimentos *onshore*, classificados por esta análise com importância alta e significância grande, McCombs, Mulligan e Boegman (2014), Hammar, Wikström e Molander (2014) e Floeter *et al.* (2017) destacam o impacto do sistema *offshore* sobre o *habitat* e as espécies marinhas como grave apenas nas fases de execução, com possíveis vantagens para o ecossistema na fase de operação em função do aumento da concentração de oxigênio e clorofila na água, causando diferenciação na quantidade e no tipo de plâncton, na quantidade de matéria orgânica e na formação de corais.,

Pode-se afirmar que os resultados obtidos nessa análise estão em simetria com a análise apresentadas pelos artigos e trabalhos citados, sendo possível credenciar os empreendimentos eólicos *offshore* como mais vantajosos no âmbito ambiental que os empreendimentos *onshore*.

O desenvolvimento de novas tecnologias para produção de energia limpa não atingirá o seu objetivo se o uso pela sociedade não for eficiente. Modificar o modo de consumo da energia produzida é fundamental principalmente pelos grandes consumidores, por exemplo pelas instituições de ensino (SILVA; MOITA NETO; LIRA, 2018).

Vale ressaltar que a avaliação realizada é teórica e que avaliação utilizando empreendimentos reais pode apresentar diferentes resultados em função das particularidades de localização e de que muitos impactos apontados neste trabalho necessitam de maiores pesquisas para classificação e avaliação mais precisa.

CONCLUSÃO

No que concerne a esta pesquisa, o reconhecimento das fases de operação dos empreendimentos eólicos e a identificação dos impactos e das etapas de ocorrência, causas e consequências, possibilitadas pela revisão de literatura, permitiram observar que os impactos ambientais decorrentes desses empreendimentos não apresentam grande repercussão no ambiente, limitando-se em sua maioria a impactos locais de maneira não acumulativa, os quais são passíveis de ações de controle. A avaliação quantitativa dos coeficientes de magnitude, importância e significância evidenciou diferença de 66,7% entre os coeficientes de magnitude, e que os coeficientes de importância e significância apresentaram classificações percentuais mais elevadas para empreendimentos

onshore. Essa diferença nos coeficientes das duas modalidades eólicas ocorre pois parques eólicos *onshore* causam maiores modificações no ambiente onde são instalados, resultantes das obras de infraestrutura, e esses impactos são quase todos permanentes e irreversíveis. Em contrapartida, os empreendimentos *offshore* não apresentam grandes modificações ambientais, visto serem implantados na água, sem a necessidade de obras de infraestrutura de acesso e de tráfego de maquinários, sendo esses impactos em sua maioria temporários e/ou reversíveis. Com os dados obtidos, a hipótese do trabalho de que os empreendimentos eólicos *offshore* são menos impactantes ao ambiente que os empreendimentos *onshore* se faz verdadeira.

REFERÊNCIAS

- AQUARET. *Welcome to the Aqua-RET E-learning Tool*. Aquaret, 2018. Disponível em: <<http://www.aquaret.com/index-2.html>>. Acesso em: 3 jan. 2018.
- ARANTEGUI, R. L.; JÄGER-WALDAU, A. Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, parte 2, p. 2460-2471, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.052>
- BARBOSA, A. C. L. *Avaliação Ambiental do uso da energia eólica para usuários de pequeno porte*. 115f. 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*. São Paulo: Saraiva, 2017. (Série Eixos).
- BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. de. *Impactos ambientais em usinas eólicas*. Itajubá: Agrener, 2013.
- BARGHINI, A.; MEDEIRO, B. A iluminação artificial e o impacto sobre o meio ambiente. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 5, p. 4-15, 30 dez. 2006.
- BAT CONSERVATION TRUST. *Portal*. [2018?]. Disponível em: <<http://www.bats.org.uk/>>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- BIELLO, D. *How wind turbines affect your (very) local weather*. 2010. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/how-wind-turbines-affect-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, n. 5, p. 814-831, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.03.009>
- BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (orgs.). *Environmental impact assessment for developing countries*. Londres: Tycoly International, 1987. p. 3-64.
- CASTRO, J. J.; SANTIAGO, J. A.; SANTANA-ORTEGA, A. T. 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.

- CHEN, S. Are wind farms changing the weather in China. *South China Morning Post*, 2010.
- 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.
- DEE, N.; BAKER, J.; DROBNY, N.; DUKE, K.; WHITMAN, I.; FAHRINGER, D. An environmental evaluation system for water resources planning. *Water Resources Research*, v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973. <https://doi.org/10.1029/WR009i003p00523>
- DREWITT, A. L.; LANGSTON, R. H. W. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, v. 148, supl. 1, p. 29-42, mar. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- FAYRAM, 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 Management*, v. 50, n. 8, p. 597-605, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.05.004>
- 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.; VAN BEUSEKOM, E. E.; AUCH, D.; CALLIES, U.; CARPENTER, J.; DUDECK, T.; EBERLE, S.; ECKHARDT, A.; GLOE, D.; HÄNSELNANN, K.; HUFNAGL, M.; JANSEN, S.; LENHART, H.; MÖLLER, K. O.; NORTH, R. P.; POHLMANN, T.; RIETHMÜLLER, R.; SCHULZ, S.; SPREIZENBARTH, S.; TEMMING, A.; WALTER, B.; ZIELINSKI, O.; MÖLLMANN, C. Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea. *Progress in Oceanography*, v. 156, p. 154-173, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.07.003>
- FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004
- GLOBAL WIND REPORT COUNCIL (GWRC). *Global Wind Report: annual market update 2016*. GWRC, 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. <https://doi.org/10.4215/RM2016.1501.0008>
- HAMMAR, L.; WIKSTRÖM, A.; MOLANDER, S. Assessing ecological risks of offshore wind power on Kattegat cod. *Renewable Energy*, v. 66, p. 414-424, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.024>
- 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. Washington, D.C.: National Renewable Energy Laboratory, 2003.
- INGER, R.; ATTRILL, M.J.; BEARHOP, S.; BRODERICK, A.C.; GRECIAN, W.J.; HODGSON, D.J.; MILLS, C.; SHEEHAN, E.; VOTIER, S.C.; WITT, M.J.; GODLEY, B. J. Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, v. 46, n. 6, p. 1145-1153, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01697.x>
- JABER, S. Environmental Impact Wind Energy. *Journal of Clean Energy Technologies*, v. 1, n. 3, 2013.
- JOSIMOVIC, B.; PETRIC, J.; MILIJIC, S. 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. <https://doi.org/10.5539/eer.v4n1p43>
- KEITH, D. W.; DECAROLIS, J. F.; DENKENBERGER, D. C.; LENSCHOW, D. H.; MALYSHEV, S. L.; PACALA, S.; RASCH, P. J. 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. 16115-16120, 2004. <https://doi.org/10.1073/pnas.0406930101>

- KLAIN, S. C.; SATTERFIELD, T.; SINNER, J.; ELLIS, J. I.; CHAN, K. M. A. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.030>
- 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. Strasbourg: International to the Council of Europe (Bern Convention); Royal Society for Protection of Birds (RSPB)/Birdlife, 2003.
- LEIMEISTER, M.; KOLIOS, A. A review of reliability-based methods for risk analysis and their application in the onshore wind industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 91, p. 1065-1076, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.004>
- LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. Washington: U. S. Geological Survey, 1971. 13p. (circular 645). <https://doi.org/10.3133/cir645>
- LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS (LAIA). *Base Naval de Aratu*. Marinha do Brasil, 2017. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/bna/levantamento-de-aspectos-e-impactos-ambientais-bna>>. Acesso em: 25 mar. 2018.
- MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. F.; GRAUER, A. *Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo ISCST3 (Industrial Source Complex) para a usina termoeletrica de Agudos do Sul (município de agudos do sul/PR)*. Relatório KCC – geração de energia elétrica LTDA. Curitiba, 2009.
- MARARAKANYE, N.; BEKKER, B. Renewable energy integration impacts within the context of generator type, penetration level and grid characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 108, p. 441-451, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.045>
- MASDEN, E. A.; REEVE, R.; DESHOLM, M.; FOX, A. D.; FURNESS, R. W.; HAYDON, D. T. Assessing the impact of marine wind farms on birds through movement modelling. *Journal of the Royal Society Interface*, Londres, v. 9, n. 74, p. 2120-2130, 2012. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0121>
- MATULJA, A.; FAVARO, A.; GIARETTA, J.; PADILHA, M.; COUTINHO, S.; CEZARE, J.; PHILIPPI JR., A.; ROSSIN, A. Mudanças climáticas e serviços essenciais na América do Sul: uma experiência de reflexão coletiva. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 18, p. 38-48, 2010.
- MCCOMBS, M. P.; MULLIGAN, R. P.; BOEGMAN, L. Offshore wind farm impacts on surface waves and circulation in Eastern Lake Ontario. *Coastal Engineering*, v. 93, p. 32-39, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.08.001>
- MEDEIROS, S. S.; AQUINO, F. N. P. M.; BARROS, P. G. F.; MOURA, L. L. M.; ARAÚJO, A. E. Energia eólica: um estudo sobre a percepção ambiental no município de Currais Novos/RN. *Holos*, v. 3, 2009. <https://doi.org/10.15628/holos.2009.248>
- 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.; SEIXAS, A. S.; MELO, I. M. L.; CASSIANO, L. J. S.; RAPOSO, L. Q. Energia Eólica e seus impactos ambientais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE. 4., 2014, Bento Gonçalves. *Anais [...]*. Bento Gonçalves, 2014.
- 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.

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: <<https://tethys.pnnl.gov/publications/assessment-sub-sea-acoustic-noise-vibration-offshore-wind-turbines-its-impact-marine>>. Acesso em: 21 maio 2018.

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, p. 1243-1258, 2012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5.5.p1243-1258>

PERCIVAL, S. M. *Assessment of the effects of offshore wind farms on birds*: Technical Report. Didcot: Department of Trade and Industry (DTI) Sustainable Energy Programmes; East Tennessee State University (ETSU), 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: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA. 2., Recife. *Anais [...]*. Recife, 2003.

RAADAL, H. L.; VOLD, B. I.; MYHR, A.; NYGAARD, T. A. GHG emissions and energy performance of offshore wind power. *Renewable Energy*, v. 66, p. 314-324, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.11.075>

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA). *Complexo Eólico Harmonia*. 2014a.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA). *Complexo Eólico Serra Azul*. 2015.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA). *Parques Eólicos Rosa dos Ventos I e II*. 2014b.

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

RICHIERI, S. Avaliação do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 6, p. 14-20, 30 abr. 2007.

ROCHA, J. S. M. *Manual de projetos ambientais*. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.

SILVA, C.; GARRAFA, M.; NAVARENHO, P.; GADO, R.; YOSHIMA, S. A biomassa como alternativa energética para o Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 2, p. 25-36, 30 dez. 2005.

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

SILVA, O. A.; MOITA NETO, J.; LIRA, M. A. Análise envoltória de dados para a gestão energética em instituições de ensino superior *multicampi*. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 50, p. 78-96, 2018. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180401>

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. Acesso em: 22 jun. 2018.

SOUSA, R. N.; VEIGA, M. M.; MEECH, J.; JOKINEN, J.; SOUSA, A. J. A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 6-7, p. 580-587, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.017>

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

Spiropoulou, I. & Karamanis, D. & Kehayias, George. (2014). Offshore wind farms development in relation to environmental protected areas. *Sustainable Cities and Society*. 14. 10.1016/j.scs.2014.05.006.

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

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

SUSTAINABLE DEVELOPMENT COMMISSION (SDC). *Wind power in the UK: a guide to the key issues surrounding onshore wind power development in the UK*. Londres: Sustainable Development Commission, 2005.

THOMSEN, F.; LÜDEMANN, K.; KAFEMANN, R.; PIPER, W. *Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, biola*. Hamburgo: COWRIE LTD., 2006.

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

VEGA, D.; MATTHEWS, J. C. G.; NORIN, L.; ANGULO, I. Mitigation Techniques to Reduce the Impact of Wind Turbines on Radar Services. *Energies*, v. 6, n. 6, p. 2859-2873, 2013. <https://doi.org/10.3390/en6062859>

WANG, B.; WANG, Q.; WEI, Y.-M.; LI, Z.-P. Role of renewable energy in China's energy security and climate change mitigation: An index decomposition analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 90, p. 187-194, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.012>

WILLIS, C. K. R.; BARCLAY, R. M. R.; BOYLES, J. G.; BRIGHAM, R. M.; BRACK JR., V.; WALDIEN, D. L.; REICHARD, J. Bats are not birds and other problems with Sovacool's analysis of animal fatalities due to electricity generation. *Energy Policy*, v. 38, n. 4, p. 2067-2069, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.034>

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.

WILSON, J. C.; ELLIOTT, M.; CUTTS, N. D.; MANDER, L.; MENDÃO, V.; PEREZ-DOMINGUEZ, R.; PHELPS, A. Coastal and Offshore Wind Energy Generation: Is It Environmentally Benign? *Energies*, v. 3, n. 7, p. 1383-1422, 2010. <https://doi.org/10.3390/en3071383>



Apêndice 1 – Aspectos e impactos da energia eólica onshore.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto Ambiental	Autores
Locação de trabalhadores	Acomodação dos colaboradores no município	Geração de resíduos e esgoto sanitário e industrial,	(GWRC, 2016); (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2009); (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (PERES; BERED, 2003); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015); (SILVA, 2014)
	Moradias provisórias	Aumento do consumo de água e energia elétrica	
Infraestrutura inicial para obras	Abertura ou reabilitação dos principais acessos	Geração de poeira e ruídos	(BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013); (GORAYEB; BRANNSTROM, 2016); (JOSIMOVIC; PETRIC; MILIJIC, 2014); (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2009); (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (PACHECO; SANTOS, 2012); (PERES; BERED, 2003); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015); (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	
Fundação	Execução das escavações para construção das fundações das torres	Geração de poeira e ruídos	(GORAYEB; BRANNSTROM, 2016); (JABER, 2013); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (MOURA-FÉ; PINHEIRO, 2013); (RIMA, 2014a; 2014b); (SDC, 2005); (SILVA, 2014); (SOUSA <i>et al.</i> , 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	
Transporte	Transporte das estruturas dos aerogeradores	Contaminação do solo por óleos e combustíveis. Geração de poeira e ruídos	(FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015)
Montagem	Montagem dos aerogeradores	Geração de ruídos, Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de resíduos	(RIMA, 2014a; 2014b; 2015)

Continua...

Apêndice 1 – Continuação.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto Ambiental	Autores
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	(BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015)
	Construção da subestação elevadora	Geração de efluentes sanitários, Geração de resíduos sólidos e líquidos	
Recuperação da área	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 <i>et al.</i> , 2014); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015); (SIMAS; PACCA, 2014)
Instalação da turbina	Instalação de turbina	Presença física das super estruturas	(DREWITT; LANGSTON, 2006); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015)
Comissionamento	Averbação dos terrenos	Geração de renda aos proprietários das terras	(RIMA, 2014a; 2014b; 2015); (SOVERNIGO, 2009)
Subestações de energia	Presença da subestação, edifício de comando, posto de seccionamento e acessos	Geração de resíduos sólidos e líquidos (efluentes sanitários)	(DREWITT; LANGSTON, 2006); (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2009); (PACHECO; SANTOS, 2012); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015)
	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	
Operação	Presença e funcionamento dos aerogeradores	Geração de ruídos Impacto com aves Influência em ondas de rádio	(BARBOSA, 2008); (BARGHINI; MEDEIRO, 2006); (BIELLO, 2010); (CHEN, 2010); (DAILY, 2005); (DREWITT; LANGSTON, 2006); (HODOS, 2003); (JABER, 2013); (LANGSTON & PULLAN, 2003); (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2009); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (MOURA-FÉ; PINHEIRO, 2013); (PACHECO; SANTOS, 2012); (RIMA, 2014a; 2014b); (SDC, 2005); (SOVERNIGO, 2009); (STAMM, 2003); (NEDWELL <i>et al.</i> , 2003); (VEGA, 2013); (WILLIS <i>et al.</i> , 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	

Continua...

Apêndice 1 – Continuação.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto Ambiental	Autores
Riscos ocasionais não previstos	Incidente que leva a derrame químico	Poluição química	(BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013); (MEYER <i>et al.</i> 2014); (MOURA-FÉ; PINHEIRO, 2013); (SDC, 2005)
	Incidente que leva a derrame de óleo/combustível	Poluição por óleo	
	Perda de equipamento estrutural e componentes	Geração de detritos	
Desativação do empreendimento, remoção de maquinário	Remoção e transporte dos equipamentos	Contaminação do solo por óleos e combustíveis, Geração de poeira e ruídos	(BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013); (BARBOSA, 2008); (BIELLO, 2010); (CHEN, 2010); (DAILY, 2005); (MEYER <i>et al.</i> , 2014); (PERES; BERED, 2003); (RIMA, 2014a; 2014b; 2015)
	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	

Apêndice 2 – Aspectos e impactos da energia eólica offshore.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
Levantamento	Perturbação do fundo do mar por meio amostragem	Perda localizada de substratos, plantas e animais no fundo do mar por meio de amostragens; Geração de empregos	(AQUARET, 2018); (CASTRO; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002); (FAYRAM; RISI, 2007); (FLOETER <i>et al.</i> , 2017); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (SPIROPOULOU <i>et al.</i> , 2015); (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2004); (RIBEIRO, 2015); (WILSON <i>et al.</i> , 2010)
	Distúrbios de ruído por meio 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	
Fundação e infraestrutura de instalação	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; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002); (FAYRAM; RISI, 2007); (FLOETER <i>et al.</i> , 2017); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (JABER, 2013); (MCCOMBS; MULLIGAN; BOEGMAN, 2014); (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2009); (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2004); (WILSON, 2007); (WRATTEN <i>et al.</i> , 2005)
	Perturbação do fundo do mar e geração de ruído por meio da acumulação	Impacto local localizado no fundo do mar sobre espécies e habitat	
	Perturbação do fundo do mar e da coluna de água por meio de 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 do fundo do mar e de outros usuários do mar por meio da instalação de cabos submarinos	Suspensão de sedimentos e matéria particulada na coluna de água	

Continua...

Apêndice 2 – Aspectos e impactos da energia eólica offshore.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
Instalação de turbina	Presença física da superespacial estruturas	Criação de sombra de vento a favor das estruturas instaladas; Mudanças na paisagem e no mar, Intrusão visual, Interferência da navegação recreativa; Colisão entre pássaros e turbinas (tanto migratórias quanto residentes)	(AQUARET, 2018); (BAT CONSERVATION TRUST, 2018); (BISHOP; MILLER, 2007); (DREWITT; LANGSTON, 2006); (HODOS, 2003); (LANGSTON & PULLAN, 2003); (MASDEN <i>et al.</i> 2012); (PERCIVAL, 2001); (KLAIN <i>et al.</i> , 2018); (WILLIS <i>et al.</i> , 2009)
Extração de vento geração de energia.	Movimento da lâmina de turbina	Interferência por meio de instalações de radar, telecomunicações e televisões	(BAT CONSERVATION TRUST, 2018); (BIELLO, 2010); (GWRC, 2016); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (HODOS, 2003); (LANGSTON & PULLAN, 2003); (MALHEIROS; NOCKO; GRAUER, 2009); (MASDEN <i>et al.</i> 2012); (PERCIVAL, 2001); (RAADAL <i>et al.</i> , 2014); (RICHIERI, 2007); (KLAIN <i>et al.</i> , 2018); (VEGA, 2013); (WILSON, 2007)
	Ruído gerado por turbinas	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	
	Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustão de combustível fóssil	Os campos eletromagnéticos (EMF) podem afetar mamíferos marinhos que passam pela vizinhança da instalação	
Transmissão de eletricidade por meio de cabo submarino			
Incidente que leva a derrame químico	Poluição química	Mudanças locais/generalizadas na água e em 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; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002); (FAYRAM; RISI, 2007); (GWRC, 2016); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2014); (NEDWELL <i>et al.</i> , 2004)
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 no decorrer do prazo; Espécies e habitat podem ser prejudicados e danificados pela poluição por óleo; A poluição por óleo pode afetar outros usuários do mar, por exemplo: piscicultores, turistas e marinheiros etc.	(CASTRO; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002);(FAYRAM; RISI, 2007); (GWRC, 2016); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2014)

Continua...

Apêndice 2 – Aspectos e impactos da energia eólica offshore.

Atividade	Mecanismo de impacto	Impacto ambiental	Autores
Perda de equipamento/ componentes estruturais	Perturbação do fundo do mar do por afundamento de 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 habitats do fundo do mar	(BISSET, 1987); (CASTRO; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002); (FAYRAM; RISI, 2007); (GWRC, 2016); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (NEDWELL; LANGWORTHY; HOWELL, 2014); (THOMSEN <i>et al.</i> , 2006); (NEDWELL <i>et al.</i> , 2004)
	Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes	Perturbação dos habitats costeiros por meio de sufocação e danos às espécies por meio de ingestão/ emaranhamento; Risco de liberação de óleos, combustíveis e outros poluentes; Risco de liberação de substâncias (fluidos hidráulicos)	
Remoção total de instalação	Reversão para condições de linha de base	Perturbação potencial dos ecossistemas estabelecida e adaptada para pós-instalação condições hidrográficas; Impactos em espécies de peixes serão erradicados; Dispersão de qualquer sedimento acumulado em torno da instalação; Perda de áreas de sombra de vento em torno da instalação; Perda de qualquer efeito calmante em torno da instalação (movimento atual e ação de onda)	(BISHOP; MILLER, 2007); (FAYRAM; RISI, 2007); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (JABER, 2013); (MASDEN <i>et al.</i> , 2012); (MCCOMBS; MULLIGAN; BOEGMAN, 2014); (PERCIVAL, 2001); (THOMSEN <i>et al.</i> , 2006)
Substituição de turbinas	Aumento da atividade de vasos	Perturbação potencial para mamíferos marinhos	(CASTRO; SANTIAGO; SANTANA-ORTEGA 2002); (FINUCCI, 2010); (HAMMAR; WIKSTRÖM; MOLANDER, 2014); (SPIROPOULOU <i>et al.</i> , 2015); (THOMSEN <i>et al.</i> , 2006)
	Negócios locais e emprego oportunidades	Potenciais benefícios econômicos da utilização de recursos locais, empresas de suporte e serviços	